

**ICTIOFAUNA COMO INDICADORA DA QUALIDADE AMBIENTAL DO
RIO LAVAPÉS, MUNICÍPIO DE BOTUCATU, SÃO PAULO, BRASIL**

Por Isabel Sleiman Cozman

Botucatu, SP

2025

ICTIOFAUNA COMO INDICADORA DA QUALIDADE AMBIENTAL DO RIO LAVAPÉS, MUNICÍPIO DE BOTUCATU, SÃO PAULO, BRASIL

Aluna: Isabel Sleiman Cozman

Orientador: Prof. Ricardo Cardoso Benine

Coorientador: Prof. Marcos Gomes Nogueira

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Estadual
Paulista (UNESP), Instituto de Biociências
de Botucatu (IBB), para obtenção do título
de Bacharel em Ciências Biológicas.

Botucatu, SP

2025

C882i Cozman, Isabel Sleiman
Ictiofauna como indicadora da qualidade ambiental do Rio Lavapés,
município de Botucatu, São Paulo, Brasil / Isabel Sleiman Cozman. --
Botucatu, 2025
52 p. : il., tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Botucatu
Orientador: Ricardo Cardoso Benine Benine
Coorientador: Marcos Gomes Nogueira Nogueira

1. Ictiologia. 2. Limnologia. 3. Ecologia de água doce. 4. Ribeirão Lavapés,
Rio, Bacia (SP). I. Título.

Isabel Sleiman Cozman

**ICTIOFAUNA COMO INDICADORA DA QUALIDADE AMBIENTAL DO RIO
LAVAPÉS, MUNICÍPIO DE BOTUCATU, SÃO PAULO, BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Estadual
Paulista (UNESP), Instituto de Biociências
de Botucatu (IBB), para obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Zoologia.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **RICARDO CARDOSO BENINE**
Data: 11/07/2025 17:28:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ricardo Cardoso Benine
UNESP – Instituto de Biociências – Campus de Botucatu

Documento assinado digitalmente
 **ERIKA MAYUMI SHIMABUKURO**
Data: 11/07/2025 19:09:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Erika Mayumi Shimabukuro
UNESP – Instituto de Biociências – Campus de Botucatu

Dedico este trabalho aos amantes, amigos e estudantes da vida.
A todos aqueles que lutam pela conservação dos ecossistemas e de sua biodiversidade.

"Who hears the rippling of rivers will not utterly despair of anything."

- Henry David Thoreau.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por estarem sempre presentes. Amo vocês demais! Obrigada pelos bate-papos diários, pelo apoio constante e pelos esforços que me possibilitaram cursar uma boa universidade. Obrigada à minha irmã, avós e amigas do coração; a presença de vocês em minha vida me alegra muitíssimo. Que sorte a minha estar cercada de mulheres tão maravilhosas, que me encorajam e fortalecem tanto.

Agradeço imensamente aos meus orientadores. Benine e Marquinhos, obrigada por terem aberto as portas de seus laboratórios para mim e se esforçarem tanto para que construíssemos juntos um projeto com o qual eu realmente me identificasse. Agradeço muito pela atenciosidade, entusiasmo e pela parceria durante os 18 meses que duraram este projeto. Vocês dois são inspirações, e posso dizer que minha graduação foi mais feliz e completa, graças a vocês e aos laboratórios de vocês.

Agradeço também aos meus colegas de laboratório. Aos meus companheiros peixólogos: Ana Beatriz, Bruno, Gabriel, Helô, Mateus, Matheus e Volnys. Aos meus colegas ecólogos: Ana Luisa, Arthur, Camila, Caio, Gabriel, Laís, Matheus e Rafa. O apoio de vocês durante a confecção deste trabalho significa muito. Deixo aqui um agradecimento especial aos Gabrieis, de ambos os laboratórios, que nunca negaram meus pedidos de ajuda em relação a este trabalho. Muito sucesso para todos vocês!

Agradeço demais ao Silvio César de Almeida, técnico da Zoologia, por ter se disponibilizado e me acompanhado nas coletas deste trabalho. Sua presença foi imprescindível para a realização deste projeto, e devo dizer que os bate-papos que tivemos a caminho dos pontos de coleta também foram de grande valia para minha visão sobre o Rio Lavapés e Botucatu.

Obrigada à Alegria, minha companheira de quatro-patas, que me acompanha desde o início da graduação com todo o seu carisma e energia. Pelo apoio, companhia e risadas, agradeço imensamente ao meu querido namorado, a quem dedico um agradecimento especial por todo o auxílio técnico em relação às estatísticas e gráficos deste trabalho. Muito obrigada pela gentileza e pelo tempo aqui despendido.

Agradeço à minha universidade pela oportunidade, pelo ensino de qualidade e por todo o investimento que em mim foi realizado. Por fim, agradeço à agência de fomento Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de Iniciação Científica (Processo: 2024/03001-2) e pelo apoio à realização deste trabalho. Que a ciência e a universidade pública resistam e se fortaleçam cada dia mais.

Muito obrigada a todos!

- Isabel.

RESUMO DA PROPOSTA

Durante muitas décadas, o Rio Lavapés, afluente do Rio Tietê localizado inteiramente nos limites do município de Botucatu (SP), recebeu quantidades crescentes de esgoto não tratado em seu leito, o que fez com que recebesse, em 1977, a pior classificação de qualidade de água pela Resolução CONAMA nº 357, 2005 – classe 4. Esforços para a ampliação do sistema de coleta e tratamento de esgoto foram promovidos pela SABESP a partir de 2012, e culminaram, em 2014, na promoção do trecho mais superior do rio à classe 3. No entanto, o trecho promovido representa uma porção pouco significativa do rio quando comparado a sua totalidade, de 28 km. Ainda, apesar da melhora em sua qualidade de água, pouco se sabia – até o presente estudo – sobre a composição da ictiofauna do Rio Lavapés. Assim, esta pesquisa teve como objetivo a avaliação da qualidade ambiental do Rio Lavapés através da análise sistemática de sua ictiofauna e qualidade de água, comparando as porções de alto (classe 3), médio e baixo curso (ambas classe 4), nas diferentes estações do ano (março, junho, agosto e outubro). Como resultados em relação à ictiofauna, o Rio Lavapés, o qual um dia foi considerado um “rio morto”, apresentou uma riqueza de 12 espécies de peixes, sendo elas: *Corydoras aeneus*, *Geophagus iporangensis*, *Gymnotus cuia*, *Hypostomus ancistroides*, *Imparfinis mirini*, *Phalloceros harpagos*, *Poecilia reticulata*, *Psalidodon anisitsi*, *Psalidodon paranae*, *Rhamdia quelen*, *Serrapinnus notomelas* e *Synbranchus marmoratus*. Destas, a espécie *P. harpagos* demonstrou abundância muito superior às demais no trecho alto, enquanto o trecho baixo destacou-se pela dominância da espécie invasora *P. reticulata*. Um gradiente crescente de coliformes termotolerantes, condutividade elétrica, *E. coli*, nutrientes e sólidos totais, da nascente à foz, demonstra uma queda na qualidade de água do rio conforme ele recebe a influência urbana da cidade de Botucatu. Os resultados limnológicos complementam os ictiológicos, dada a diferença entre as assembleias de peixes entre os pontos alto e baixo do rio, acompanhada da queda gradual da qualidade de água. A comparação da ictiofauna do Rio Lavapés com o Rio Capivara - rio correspondente da região de Botucatu, porém imerso em um contexto rural - evidencia ainda mais o cenário de degradação: a riqueza de peixes dos rios difere em 27 espécies. Embora avanços no que se refere à coleta e tratamento de esgoto do município de Botucatu tenham sido realizados, recomenda-se que a capacidade e eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto de Botucatu sejam revistas. Reforça-se também a importância da preservação e reconstituição das Áreas de Preservação Permanente (APPs). A coleção referência do presente trabalho encontra-se depositada na Coleção de Peixes do Laboratório de Biologia e Genética de Peixes (LBP – UNESP/Botucatu).

Palavras-chave: qualidade de água; urbanização; peixes; inventário; Rio Tietê.

ABSTRACT

For decades, the Lavapés River, a tributary of the Tietê River located entirely within the municipality of Botucatu (São Paulo, Brazil), received in its bed increasing amounts of untreated sewage. The quality of the water grew increasingly worse and in 1977 the river was rated with the worst water quality classification by CONAMA (National Environmental Council) Resolution n°. 357, 2005 – class 4. From 2012 onwards SABESP (São Paulo State Basic Sanitation Company) promoted efforts to expand collection and sewage treatment to be discharged into the river, culminating in 2014 with the promotion of the uppermost course of the river to class 3. Yet, the promoted course represents only a small portion of the 28 km total length of the river. Furthermore, little was known until the present study about ichthyofauna composition of the Lavapés River. The current research aims to assess the environmental quality of the Lavapés River through a systematic analysis of its ichthyofauna and water quality, comparing the upper (class 3), middle and lower (both class 4) courses through different seasons of the year (March, June, August and October). The Lavapés River, once considered a “dead river”, by the time data was collected showed a richness of 12 fish species: *Corydoras aeneus*, *Geophagus iporangensis*, *Gymnotus cuia*, *Hypostomus ancistroides*, *Imparfinis mirini*, *Phalloceros harpagos*, *Poecilia reticulata*, *Psalidodon anisitsi*, *Psalidodon paranae*, *Rhamdia quelen*, *Serrapinnus notomelas* and *Synbranchus marmoratus*. Among these, the species *P. harpagos* demonstrated the highest abundance in the upper course, whereas the lower course was dominated by the invasive species *P. reticulata*. An increasing gradient of thermotolerant coliforms, electrical conductivity, *E. coli*, nutrients and total solids, from the river’s source to its mouth, demonstrates a decline in the water quality of the river, as it receives the urban influence from the city of Botucatu. Both the limnological and ichthyological results support each other: fish assemblages differ between the upper and lower stretches, accompanied by the gradual decline in water quality. A comparison with the ichthyofauna of the Capivara River — a corresponding river in the Botucatu region, but set in a rural context — further highlights the scenario of degradation: the richness between the two rivers differs in 27 species. Although progress has been made in the sewage collection and treatment in Botucatu, it is highly recommended that the capacity and efficiency of the city’s Sewage Treatment Plant be reviewed and reassessed for the better. The importance of preserving and restoring riparian buffer zones (APPs) is also emphasized. The reference collection for this study is deposited at the Fish Collection of the Laboratory of Fish Biology and Genetics (LBP – UNESP/Botucatu).

Key-words: water quality; urbanization; fishes; inventory; Tietê River.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. JUSTIFICATIVA	4
3. OBJETIVOS	4
3.1. Objetivo geral	4
3.2. Objetivos específicos.....	4
4. MATERIAL E MÉTODOS	5
4.1. Área de estudo	5
4.2. Coleta dos peixes e identificação	7
4.3. Análise de parâmetros físico-químicos da água	8
4.4. Avaliação rápida da diversidade de habitats	9
5. FORMA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	11
6. RESULTADOS	12
6.1. Da ictiofauna	12
6.2. Da qualidade de água.....	17
a. Balneabilidade	23
b. Índice do Estado Trófico (IET)	27
c. Análise dos Componentes Principais (PCA).....	28
6.3. Da qualidade ambiental	31
7. DISCUSSÃO	32
7.1. Da ictiofauna	32
7.2. Da qualidade de água.....	37
7.3. Da qualidade ambiental	39
8. CONCLUSÃO	42
9. APRESENTAÇÕES EM EVENTOS CIENTÍFICOS	43
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
11. ANEXO	51

1. INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Rio Lavapés, situada inteiramente nos limites do município de Botucatu, São Paulo, apresenta uma participação urbana que lhe confere grande relevância para a localidade (Fig. 1). Com coordenadas geográficas entre 22°42' e 22°56' de latitude Sul da linha do Equador e 48°20' a 48°22' de longitude Oeste do meridiano de Greenwich, a bacia abrange uma área de aproximadamente 10.670 hectares (Campos *et al.*, 1998). A Bacia do Rio Lavapés integra a Bacia Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI 10), sendo o Rio Lavapés um afluente do Rio Tietê (Pollo *et al.*, 2018), com sua confluência ocorrendo na margem esquerda do Reservatório de Barra Bonita. Apesar de sua curta extensão, o Rio Lavapés exibe uma considerável diferença altitudinal entre suas zonas de cabeceira e desembocadura - de aproximadamente 450 m - devido à formação geológica de cuevas basálticas em que está inserido (Moretto & Nogueira, 2003).

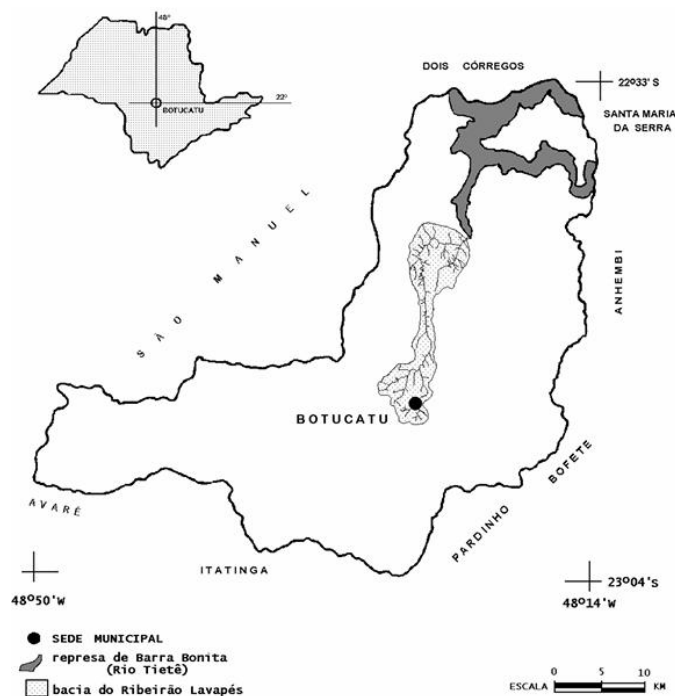


Figura 1. Bacia Hidrográfica do Rio Lavapés, Botucatu (SP). (Fonte: Simões & Cardoso, 2003).

A Bacia Hidrográfica do Rio Lavapés apresenta papel central no desenvolvimento da cidade de Botucatu desde sua fundação. Nos últimos 170 anos, a cidade de Botucatu se desenvolveu em torno da Bacia Hidrográfica do Rio Lavapés. Durante muitos anos, a principal fonte de abastecimento de água para a população era um chafariz localizado em uma nascente do Rio Lavapés. Posteriormente, por volta de 1917, o rio foi incorporado ao sistema de abastecimento de água encanada (ver Projeto de Lei Nº. 013, 2016), com ponto de captação onde atualmente localiza-se a represa da Escola do Meio Ambiente de Botucatu.

No entanto, com a expansão da zona urbana da cidade de Botucatu, o Rio Lavapés tornou-se o principal alvo do despejo de esgoto não tratado do município. No decorrer das décadas, devido ao descarte crescente de matéria orgânica em seu leito, a qualidade da água do rio declinou a ponto de receber, em 1977, a pior classificação dentro do proposto pela Resolução Do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357, 2005 – classe 4 (Mariani & Silva, 2015). Tal classe posicionou a água do Rio Lavapés, desde sua nascente até a foz, como própria apenas para “harmonia paisagística” e “navegação” (Resolução CONAMA nº 357, 2005).

O avanço da cultura de café e, posteriormente, de cana-de-açúcar – esta última a partir de 1962 – sobre a Bacia do Rio Lavapés contribuiu para o desmatamento da mata nativa que se mantinha ao redor do rio. Entre 1962 e 1989, por exemplo, a área ocupada por vegetação nativa de Cerrado existente na bacia decresceu em 92,95% (Campos *et al.*, 1998). Ainda, em pesquisa realizada posteriormente por Simões & Cardoso (2003), constatou-se que os remanescentes de vegetação nativa encontrados na Bacia do Rio Lavapés correspondiam a apenas 4,83% das áreas ao redor das nascentes e 5,75% de áreas de mata ciliar.

A mata ciliar de um rio possui papel de extrema importância na manutenção e qualidade de seus recursos hídricos e na retenção de sedimentos, evitando o assoreamento nas margens dos rios, além de servir como fonte de abrigo e alimentação para a fauna aquática e terrestre daquele ambiente (Castro *et al.*, 2013). Assim, o uso intensivo e ocupação da Bacia Hidrográfica do Rio Lavapés sem as devidas práticas de conservação do solo e preservação da floresta nativa, seja pela monocultura agrícola ou pelo processo de urbanização, impactaram negativamente o rio ao proporcionar o carreamento de nutrientes, sedimentos e contaminantes para as suas águas (Oliveira *et al.*, 2014).

Nos últimos anos, porém, propostas de recuperação e revitalização do Rio Lavapés tomaram forma. A SABESP chegou à cidade de Botucatu em 1974 (SABESP, 2023), mas foi apenas em 2012 que a companhia passou a investir sistematicamente na despoluição do Rio Tietê e seus afluentes, dentre eles, o Rio Lavapés. No mesmo ano, a cidade atingiu o marco da universalização do saneamento básico, com 100% de abastecimento de água, mais de 96% de coleta do esgoto e 100% de tratamento do esgoto coletado (GOVSP, 2012).

A ampliação da coleta e tratamento do esgoto do município de Botucatu, em parceria com a ONG “‘SOS’ Cuesta”, esta última com o objetivo de desenvolver projetos de conscientização ambiental juntamente à população, resultou, em 2014, na promoção de um trecho de 2,8 km do Rio Lavapés à classe 3 de acordo com a Resolução CONAMA nº 357, 2005 (Prefeitura de Botucatu, 2015). A mudança de classe indica que a água do rio, no trecho analisado, é própria para consumo humano (após devido tratamento); dessedentação de animais; irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; pesca amadora; e recreação de contato secundário (Resolução CONAMA

nº 357, 2005).

No entanto, destaca-se que o trecho promovido à classe 3 considera apenas os primeiros 2,8 km a partir da nascente do rio, localizada na Escola do Meio Ambiente (EMA), até sua confluência com o Córrego Debruado. O Rio Lavapés apresenta 28 km ao total (Valente *et.al*, 1997), de forma que o trecho analisado é pouco representativo em relação a toda sua extensão. Ademais, o rio ainda percorre uma grande extensão pela zona urbana de Botucatu até sua foz, de forma a se esperar que muito de sua poluição seja recebida durante trajeto posterior aos 2,8 km analisados.

Em estudo realizado por Silva *et al.* (2007), por exemplo, constatou-se que a qualidade de água do Rio Lavapés nos primeiros pontos da cidade, em comparação à água de sua nascente, apresentava um declínio significativo, com um aumento nas quantidades de fósforo e nitrogênio, e uma grande queda do oxigênio dissolvido na água. Dessa forma, a reclassificação do Rio Lavapés não representa uma melhoria na qualidade de sua água como um todo, mas apenas de um trecho bastante específico. É importante ressaltar, ainda, que tais estudos visaram exclusivamente os parâmetros abióticos e, historicamente, nunca houve uma investigação formal acerca da fauna e flora a eles associadas.

Em 2014, com a subida de classe do trecho inicial do rio, a Prefeitura Municipal de Botucatu e a SABESP, em parceria, promoveram a soltura de 12 mil alevinos. Os documentos disponíveis sobre a soltura são superficiais, sem informações precisas sobre quais espécies foram soltas e o que fundamentou a escolha dessas espécies. De acordo com a imprensa local, o peixamento tinha o intuito de resgatar e possibilitar o desenvolvimento da ictiofauna do rio (Acontece Botucatu, 2014). Infelizmente, nada se sabe sobre a eficácia e os impactos de tal atividade.

Repovoamentos faunísticos sem fundamentação científica podem ser inócuos ou, em casos mais graves, impactar negativamente o ambiente. A melhoria da qualidade da água não reflete, necessariamente, que um peixamento é um esforço viável e eficiente. Diversos fatores precisam ser considerados, como fauna presente, geologia, abrigos, disponibilidade de alimento etc. A utilização de espécies exóticas, por exemplo, pode causar a diminuição e até mesmo a extinção de espécies nativas remanescentes; - dado que as espécies exóticas competirão com as nativas pelos recursos do ambiente, como alimento, locais de refúgio de predadores e sítios de reprodução, desova e crescimento. Como os recursos disponíveis são finitos, a estabilização das populações ocorre em níveis diferentes do que anteriormente havia no ambiente, com grande chance de prejuízo para as espécies nativas (Alves, 2008).

Em 2019, iniciaram-se as obras para a viabilização de um parque linear ao longo de um trecho do Rio Lavapés. O parque contará com uma extensão aproximada de 550 m em cada margem do rio, e visa ser não apenas um espaço de convivência e lazer para a população botucatuense - com academia ao ar livre, ciclovias, playgrounds e outros -, mas também um “espaço público com

finalidades ecológico-ambientais”, buscando enfatizar “a recuperação e proteção das matas ciliares e dos corpos d’água adjacentes”, segundo Projeto de Lei Nº 057, de 2021.

Embora todos esses esforços sejam dignos de reconhecimento, pouco se sabe sobre os impactos da implementação do serviço de saneamento básico e atividades de repesque sobre a ictiofauna do Rio Lavapés. Como já enfatizado, não há, historicamente, estudos formais sobre as comunidades de peixes do rio anteriores a sua urbanização. Durante os anos que se sucederam, porém, com o despejo de esgoto em seu leito, o Rio Lavapés foi considerado um “rio morto”; - com mau cheiro, muito sujo e sem peixes (Mariani & Silva, 2015). Atualmente, embora a qualidade de sua água tenha demonstrado melhoras, não há pesquisas que atestem o impacto de tais ações de recuperação em relação à diversidade de peixes que habita – ou deveria habitar – o Rio Lavapés.

2. JUSTIFICATIVA

De acordo com o exposto, a recuperação do Rio Lavapés é uma pauta importante da SABESP e da Prefeitura e Câmara Municipal de Botucatu. Diversos esforços estão sendo envidados para a melhoria da qualidade da água, seja de forma macro, pelo tratamento de esgoto, ou por atividades pontuais relacionadas à educação ambiental. No entanto, esses esforços apenas poderão ser devidamente avaliados ao longo do tempo com um diagnóstico atual da diversidade local. Nesse sentido, um estudo da ictiofauna do Rio Lavapés se torna premente e imprescindível.

Assim, a presente proposta apresenta grande relevância, uma vez que o conhecimento sistemático da ictiofauna representa um elemento fundamental para a avaliação adequada da qualidade ambiental do Rio Lavapés e do impacto das ações de recuperação sobre ele. Ademais, sob o ponto de vista institucional, esta proposta também promove a interdisciplinaridade ao fomentar a parceria entre dois bem-estabelecidos laboratórios do Instituto de Biociências de Botucatu, UNESP: o Laboratório de Ictiologia Sistemática e o Laboratório de Ecologia de Águas Continentais, coordenados pelo Prof. Dr. Ricardo Cardoso Benine e Prof. Dr. Marcos Gomes Nogueira, respectivamente, os quais apresentam linhas de pesquisa complementares que garantem que os objetivos da presente pesquisa sejam alcançados.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Avaliar a qualidade ambiental do Rio Lavapés e fornecer subsídios para a avaliação do impacto das ações de restauração ambiental, através do estudo de sua ictiofauna e qualidade de água, nas porções de alto, médio e baixo curso, durante as quatro estações do ano.

3.2. Objetivos específicos

- Levantar a composição da ictiofauna ao longo do Rio Lavapés;
- Avaliar os atributos ecológicos da ictiofauna ao longo do Rio Lavapés (riqueza, abundância absoluta e relativa, dominância e diversidade);
- Analisar diferentes parâmetros físico-químicos da água do Rio Lavapés, como: temperatura (°C), pH, potencial de óxido redução (mV), condutividade elétrica (μS/cm), turbidez (NTU), oxigênio dissolvido (mg/L e % saturação), clorofila a (μg/L), concentração de fósforo total (mg/L), concentração de nitrogênio total (mg/L), sólidos totais (mg/L), coliformes termotolerantes (NMP/100ml), coliformes totais (NMP/100ml) e *Escherichia coli* (NMP/100ml);
- Relacionar os resultados com as características dos diferentes cursos do rio, como ausência ou presença de mata ciliar e proximidade à porção urbana do município de Botucatu;
- Elaboração de uma chave de identificação das espécies de peixes do Rio Lavapés e de um panfleto educativo acerca da ictiofauna do rio.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

O estudo foi realizado em três pontos do Rio Lavapés (Fig. 2). São eles:

- PONTO A: 22° 54' 43" S 48° 26' 41" W – alto curso do rio, dentro do trecho que subiu para classe 3 pela Resolução CONAMA n° 357, 2005 (Fig. 3A);
- PONTO M: 22° 50' 42" S 48° 25' 40" W – médio curso do rio, classe 4 (Fig. 3M);
- PONTO B: 22° 46' 15" S 48° 26' 19" W – baixo curso do rio, classe 4 (Fig. 3B).

Segundo classificação climática de Köppen, o município de Botucatu apresenta um clima do tipo Aw (clima de savana tropical), com verões quentes e úmidos e invernos frios e secos. No período de 1991 a 2020, as temperaturas médias foram de 17,24°C (mínima), 21,34°C (média) e 26,51°C (máxima). A umidade relativa do ar apresenta média anual de 70%, com precipitação acumulada de aproximadamente 1.500 mm, ocorrendo, em média, chuva em 107 dias do ano (Franco *et al.*, 2023). Quanto à vegetação, a região possui como vegetação nativa a mata mesófila semidecídua, que hoje é essencialmente representada por matas secundárias (Simões & Cardoso, 2003).

As coletas contemplaram períodos de chuva e de seca, e ocorreram nos dias 26 de março, 11 de junho, 21 de agosto e 22 de outubro de 2024, somando quatro ao total. Cada dia de campo contou com três pontos de coleta no Rio Lavapés: um em cada porção do rio (alto, médio e baixo curso).

O ponto A - com 810 m de altitude - localiza-se em alto curso, dentro do trecho promovido à classe 3, e ainda bastante próximo à nascente do rio. Está localizado ao lado do Tiro de Guerra de

Botucatu (TG 02-048), e a aproximadamente 2 quilômetros de distância da Escola do Meio Ambiente (EMA). O ponto M apresenta 740 m de altitude e localiza-se em alto-médio curso, ao final da zona urbana de Botucatu, dentro da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), da UNESP/Botucatu. Por fim, o ponto B, em baixo curso, afasta-se da zona urbana de Botucatu e adentra uma região de grande diferença de altitude (de 350 m, em relação ao ponto alto). O ponto localiza-se dentro da Fazenda São Bento, uma fazenda de produção de gado. Destaca-se como o único ponto que se encontra após a Estação de Tratamento de Esgoto do município, esperando-se, assim, neste ponto, uma maior influência do recebimento de esgoto sobre sua qualidade de água e comunidade de peixes.

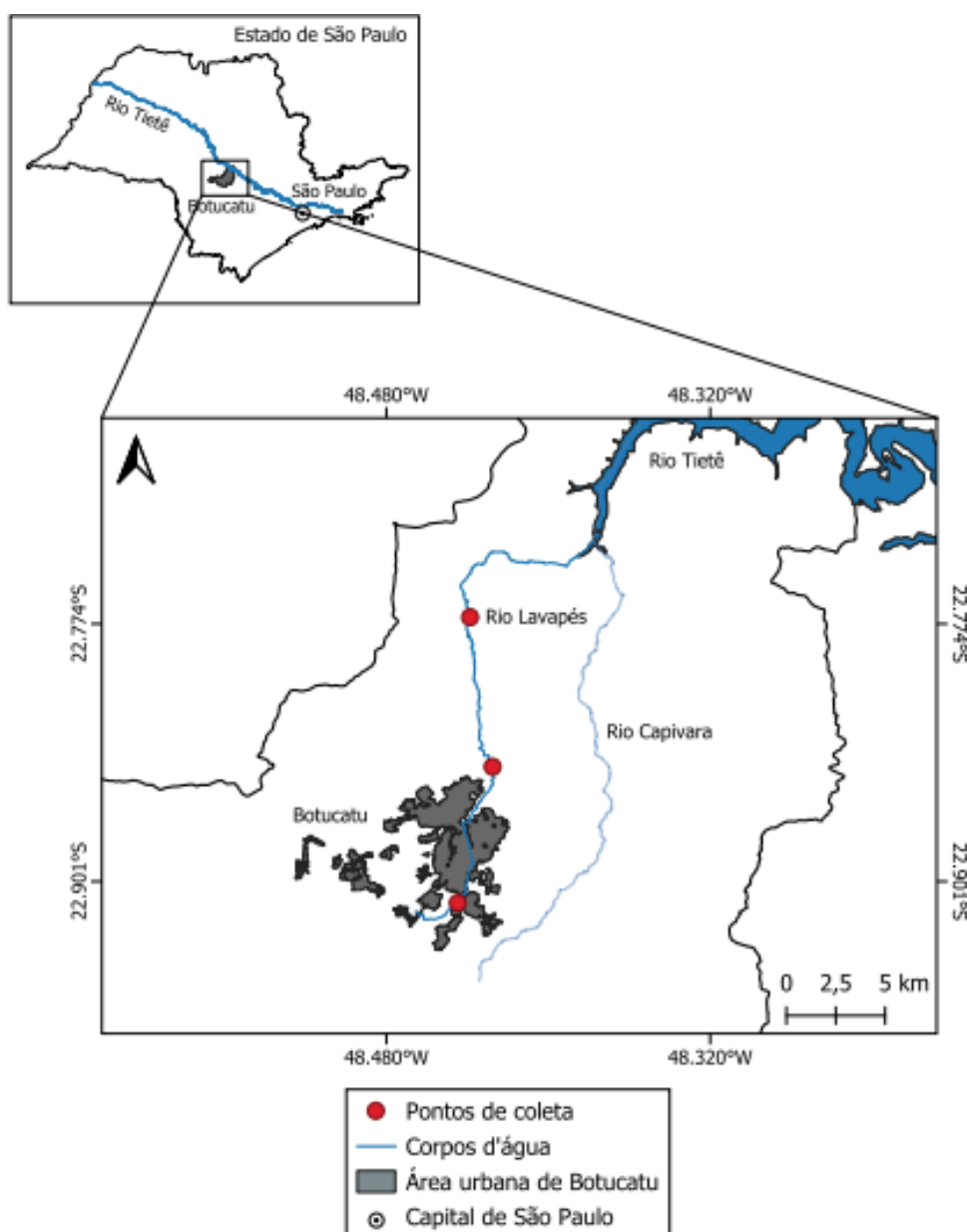


Figura 2. Rio Lavapés, com indicação dos pontos de coleta, e Rio Capivara, Botucatu (SP). Mapa construído através do programa QGIS versão 3.36.1.

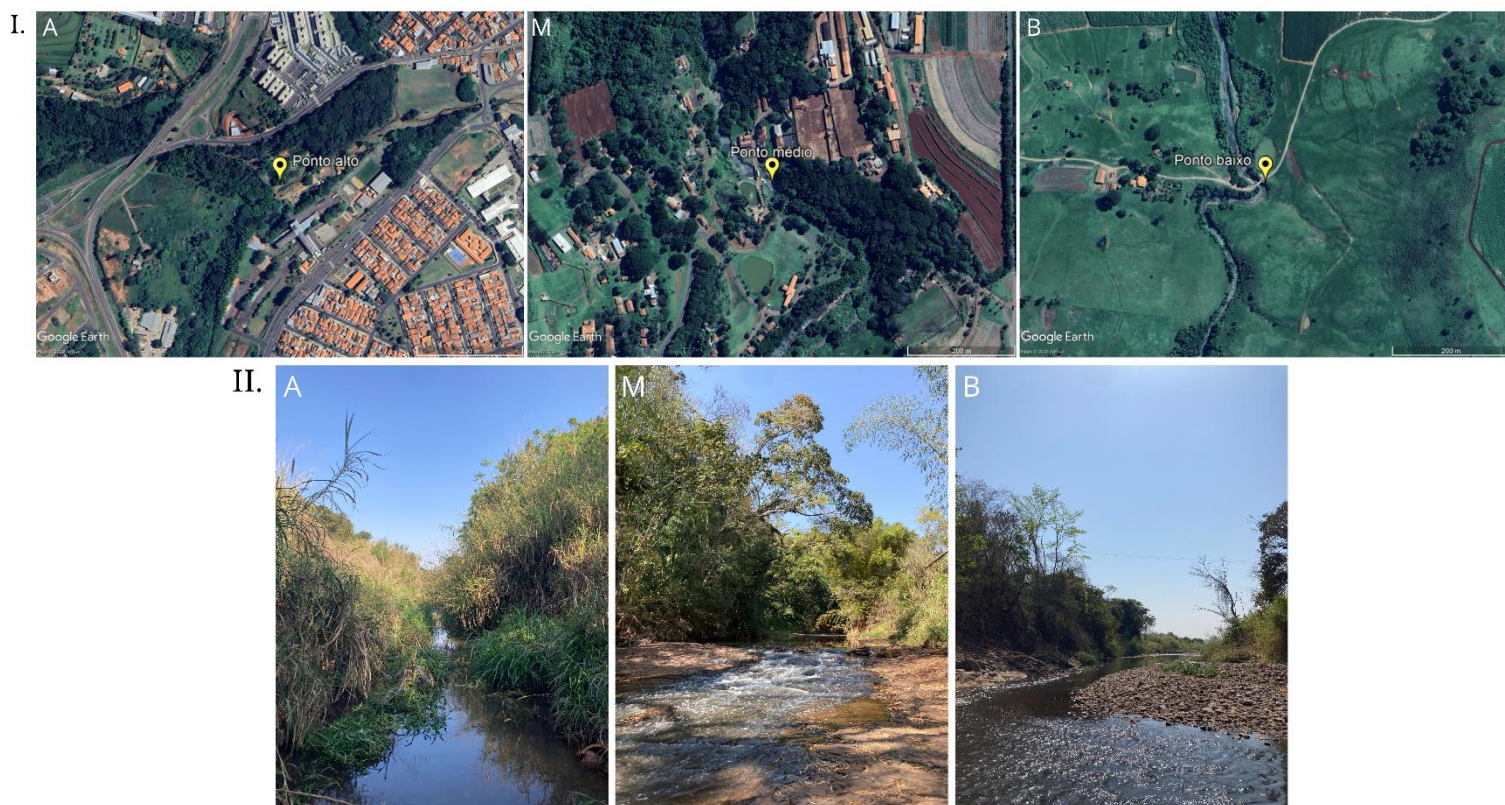


Figura 3. Pontos de coleta no Rio Lavapés, Botucatu (SP). A= ponto alto; M= ponto médio; B= ponto baixo. I. Imagens de satélite dos pontos de coleta (Fonte: Google Earth). II. Imagens em campo dos pontos de coleta (Fonte: acervo pessoal).

4.2. Coleta dos peixes e identificação

Dado que o Rio Lavapés apresenta vegetação marginal remanescente pendente sobre o curso d'água e possibilidade de adentrar o rio com segurança, os peixes foram coletados usando redes do tipo peneirão de 1,2m² e 1,5m², com malhas de 2,0 e 3,0 mm, respectivamente, nos pontos alto e baixo. O esforço amostral foi padronizado em 30 lances de peneira por trecho.

Para o trecho médio, duas armadilhas do tipo covó ficaram submersas por 6 horas, durante o período diurno. Inicialmente, para um esforço amostral padronizado entre os trechos, tentativas de utilização da peneira foram realizadas. No entanto, devido à maior profundidade do ponto (leito rochoso com buracos profundos) e vegetação marginal esparsa, não foi possível coleta com a peneira, justificando a troca pela utilização de covos. Durante a quarta e última coleta, um ponto adjacente ao ponto médio, também localizado no médio curso do rio, foi selecionado para coleta com a utilização da peneira.

Os exemplares foram então devidamente eutanasiados com base no protocolo de Fernandes *et al.* (2017), fixados em solução de formalina 4% e posteriormente preservados em etanol 70%. As espécies foram identificadas por consulta à literatura sistemática específica (Craig *et al.*, 2018;

Lucinda, 2008; Peixoto *et al.*, 2015; Rosso *et al.*, 2016; Roxo *et al.*, 2016), inventários (Castro *et al.*, 2005; Langeani *et al.*, 2007; Reia *et al.*, 2020) e chaves de identificação (Castro *et al.*, 2003; Ota *et al.*, 2018). A ordem taxonômica seguiu Fricke *et al.* (2020).

4.3. Análise de parâmetros físico-químicos da água

a. Determinações *in situ*

Em cada um dos pontos de amostragem foram medidos, em réplicas, os seguintes parâmetros físico-químicos da água, através de uma sonda multiparâmetros HORIBA modelo U-52, previamente calibrada: temperatura (°C), pH, potencial de óxido redução (mV), condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), turbidez (NTU), oxigênio dissolvido (mg/L) e sólidos totais dissolvidos (g/L). Tanto para a obtenção dos dados ambientais como para a coleta dos peixes, procurou-se abranger as diferentes condições locais representativas de cada trecho – áreas de remanso e de corredeira.

b. Análises laboratoriais

Amostras de água da subsuperfície também foram coletadas, acondicionadas em frascos previamente preparados (lavados em solução de ácido clorídrico 10%) e transportados ao Laboratório de Águas Continentais. As seguintes análises foram realizadas: clorofila a ($\mu\text{g}/\text{L}$), concentração de fósforo total (mg/L), concentração de nitrogênio total (mg/L), sólidos totais (mg/L), coliformes termotolerantes (NMP/100ml), coliformes totais (NMP/100ml) e *E. coli* (NMP/100ml). As análises para coliformes termotolerantes, especialmente, serão realizadas no Setor de Microbiologia, também do Instituto de Biociências da UNESP – Botucatu. As amostras de água permaneceram sob refrigeração até o momento das análises, e foram congeladas para as de fósforo e nitrogênio.

A concentração de clorofila a foi determinada segundo protocolo de filtragem a vácuo das amostras através de membranas Millipore AP40. A quantidade de água poderá variar de 0,5 a 1L, a depender da quantidade de material particulado na amostra de água. Posteriormente, o pigmento retido no filtro foi extraído com acetona 90% à frio e macerado manualmente. Após centrifugação, leituras foram feitas no espectrofotômetro, nos comprimentos de onda de 636nm e 750nm, para subsequente cálculo da concentração (APHA, 2017).

Para análise de fósforo e nitrogênio total as amostras foram digeridas (Valderrama, 1981) e quantificadas através de técnicas de espectrometria (APHA, 2017), sendo o valor final das concentrações obtidos através da comparação com curvas padrão de concentração do próprio laboratório. A concentração de fósforo foi determinada segundo Strickland & Parsons (1960) e a de nitrogênio pelo método do nitrato, de acordo com Mackereth *et al.* (1978).

A partir das métricas de clorofila a e fósforo foi calculado o Índice do Estado Trófico modificado

para regiões tropicais/subtropicais, baseado nas fórmulas $10*(6-((-0,7-0,6*(LN(F3))/LN(2))))-20$ para clorofila e $10*(6-((0,42-0,36*(LN(F4))/LN(2))))-20$ para fósforo em ambientes lóticos (CETESB, 2019). Com os valores de coliformes termotolerantes e *E. coli*, a classe de balneabilidade dos trechos do Rio Lavapés foi definida, de forma aproximada, segundo classificação de balneabilidade da CETESB, 2019.

Os sólidos totais foram analisados por gravimetria, a partir dos resíduos sólidos remanescentes, após a completa evaporação da água presente em 200 ml de amostra seca em estufa a 100 °C (APHA, 2017).

Os coliformes termotolerantes, coliformes totais e *E. coli* foram analisados a partir da técnica de fermentação de múltiplos tubos para membros do grupo coliformes. O procedimento consiste em três estágios - o estágio presuntivo, o estágio confirmado e o teste concluído - em que os resultados são expressos estatisticamente em termos do Número Mais Provável (NMP) (APHA, 2017).

4.4. Avaliação rápida da diversidade de habitats

Complementarmente, para avaliar a qualidade do ambiente, o protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats, de Callisto et al. (2001), foi utilizado (Fig. 6). O protocolo de Callisto *et al.* (2001) foi proposto como uma simplificação do protocolo de Hannaford *et al.* (1997), com o intuito de ser aplicado em ecossistemas lóticos com diferentes níveis de preservação de suas características naturais ou sob influência antrópica. A proposta de Hannaford *et al.* (1997) continha uma escala de 0 a 20 de pontuação para cada parâmetro de habitat, dividida em 5 categorias. Para uma simplificação metodológica, visando uma melhor aplicação em campo, a proposta de Callisto *et al.* (2001) reduziu o protocolo a 11 parâmetros de habitat, cada um pontuado numa escala de 0 a 3. Quanto maior a pontuação, melhor a qualidade do ambiente aquático analisado.

Parâmetros de Habitat	Categorias			
	Ótimo (3 pontos)	Sub-ótimo (2 pontos)	Mediano (1 ponto)	Pobre (0 ponto)
1- Tipos de fundos (peixes)	Mais de 50% com habitats diversificados (pedaços de troncos submersos; cascalho) e estáveis.	30 a 50% de habitats estáveis, sem evidência de alteração por erosão ou assoreamento.	10 a 30% de habitats estáveis; substratos freqüentemente modificados.	Menos que 10% de habitats estáveis; substrato instável ou ausente.
2- Largura dos remansos	Rápidos e remansos bem desenvolvidos; remansos tão largos quanto o rio e com o comprimento igual ao dobro da largura do rio.	Remansos com a largura igual à do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Trechos rápidos podem estar ausentes; remansos não tão largos quanto o rio e seu comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Remansos ou rápidos inexistentes.
3- Freqüência de remansos (ou curvas)	Remansos relativamente freqüentes; distância entre remansos dividida pela largura do rio entre 5 e 7.	Remansos não freqüentes; distância entre remansos dividida pela largura do rio entre 7 e 15.	Remansos ou curvas ocasionais; habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre remansos dividida pela largura do rio entre 15 e 25.	Geralmente com lâmina d'água "lisa" ou com remansos rasos; pobreza de habitats; distância entre remansos dividida pela largura do rio maior que 25.
4- Tipos de substrato	Seixos abundantes (principalmente em nascentes de rios).	Seixos abundantes; cascalho comum.	Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes.	Fundo pedregoso; seixos ausentes.
5- Deposição de lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama (silte e argila).	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama.
6- Depósitos sedimentares	Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos. Provavelmente, a correnteza arrasta todo o material fino.	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos.	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 a 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos.	Grandes depósitos de lama, margens assoreadas; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes.
7- Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próximo à construção de pontes; evidência de modificações há mais de 20 anos.	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	Margens cimentadas; acima de 80% do rio modificado.
8- Características do fluxo das águas	Fluxo relativamente igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta.	Lâmina d'água acima de 75% do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto.	Lâmina d'água entre 25 e 75% do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" exposto.	Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos.
9- Presença de vegetação ripária (pontuar cada margem separadamente)	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de deflorestamento; todas as plantas atingindo a altura "normal".	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; deflorestamento evidente mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura "normal".	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; deflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura "normal".	Menos de 50% da vegetação ripária nativa; deflorestamento muito acentuado.
10- Estabilidade das margens (pontuar cada margem separadamente)	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão freqüentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. Risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; muitas áreas com erosão; freqüentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.
11- Extensão da vegetação ripária (pontuar cada margem separadamente)	Largura da vegetação ripária maior que 18 m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.).	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18 m; mínima influência antrópica.	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12 m; influência antrópica intensa.	Largura da vegetação ripária menor que 6 m; vegetação restrita ou ausente devido à atividade antrópica.

Figura 4. Protocolo de avaliação rápida de diversidade de habitats. (Fonte: Callisto *et al.*, 2001).

5. FORMA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir dos resultados das análises de água e da triagem dos peixes, foram montadas planilhas em Microsoft Excel, para que assim pudessem ser elaboradas tabelas e gráficos descritivos e realizadas as análises estatísticas.

Os resultados limnológicos foram confrontados com os valores máximos de cada parâmetro estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005. Para ordenar as diferenças entre locais de coleta e períodos estudados, foi realizada a Análise de Componentes Principais (ACP) utilizando uma matriz com os dados ambientais, $\log(x+1)$ transformados. Testes comparativos (One-Way ANOVA, Tukey *post hoc* ou Kruskal-Wallis, Dunn *post hoc*) foram realizados (software R versão 4.4.3) para testar a significância estatística das diferenças entre os trechos do rio (variação espacial). Valores de $p \leq 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos para a ANOVA, enquanto para Kruskal-Wallis, valores de $p \leq 0,025$ foram considerados significativos.

Para fins comparativos entre os peixes coletados em cada trecho, foram utilizados os índices de diversidade alfa tradicionais: riqueza, abundância relativa (ordem, família), diversidade de Shannon-Wiener, equitabilidade de Pielou e dominância. O índice de Shannon-Wiener assume que os indivíduos são uma amostra aleatória de uma população indefinidamente grande em que todos os indivíduos estão representados na amostra. Já a dominância foi determinada pelo índice de Simpson, utilizado para se determinar a abundância das espécies mais comuns ao invés de fornecer, simplesmente, uma medida de riqueza de espécies. Os valores de dominância são dados pela subtração do índice de Simpson de 1 ($D = 1 - S$). As análises foram realizadas no software R versão 4.4.3.

Como não há pesquisas acerca dos peixes que habitavam o Rio Lavapés anteriormente à sua degradação (ausência de uma série histórica de dados) não foi possível uma comparação direta com o rio em uma escala temporal. Como alternativa para se avaliar a integridade da ictiofauna do Rio Lavapés, os dados foram comparados com a ictiofauna do Rio Capivara. Tanto o Rio Lavapés quanto o Capivara estão localizados dentro dos limites do município de Botucatu, com nascentes próximas, atravessando a região de cuestas basálticas do Estado de São Paulo no sentido sul-norte até unirem-se à Represa de Barra Bonita (Fig. 5). No entanto, enquanto o Rio Lavapés está imerso em um contexto urbano, o Rio Capivara mostra-se predominantemente rural, sendo uma referência de ambiente em melhor estado de conservação (Belluta *et al.*, 2020; Moretto & Nogueira, 2003).

O Rio Capivara está situado geograficamente entre as coordenadas 22° 43' 38" a 22° 57' 39" de latitude Sul e de 48° 17' 34" a 48° 26' 28" de longitude Oeste, e apresenta uma área de drenagem de aproximadamente 21.912 hectares (Araújo Júnior, 2002). Segundo pesquisa realizada por Silva (2006), o rio possui valores de qualidade de água correspondentes aos valores exigidos para um rio

classe 1, pela Resolução CONAMA n° 357, 2005. Assim, o Rio Capivara demonstra um grande potencial comparativo com o Rio Lavapés, sendo possível uma melhor compreensão de seu estado de degradação. O Laboratório de Ictiologia do Instituto de Biociências de Botucatu já realizou diversos estudos em tal rio, com pesquisas em andamento até o momento de submissão deste trabalho.

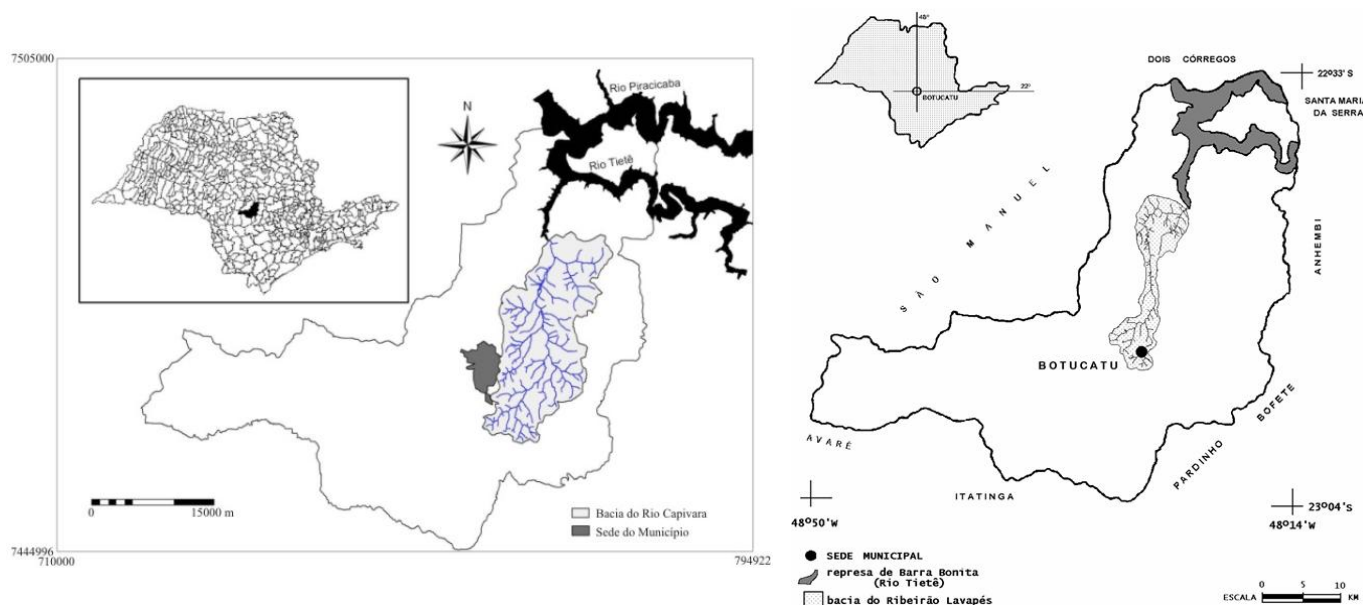


Figura. 5. Bacia Hidrográfica do Rio Capivara (à esquerda) e Bacia Hidrográfica do Rio Lavapés (à direita), sendo possível perceber a proximidade de ambas. (Fonte do mapa da Bacia do Rio Capivara: Carrega *et al.*, 2014; Fonte do mapa da Bacia do Rio Lavapés: Simões & Cardoso, 2003).

6. RESULTADOS

6.1. Da ictiofauna

No total, ao longo do rio, foram coletadas 12 espécies e um total de 5420 espécimes. A ordem mais representativa foi a dos Siluriformes, com 33,3% das espécies coletadas pertencendo ao grupo. Em seguida, 25% das espécies coletadas foram representadas pelos Characiformes e 16,6%, pelos Cyprinodontiformes. As ordens Cichliformes, Gymnotiformes e Synbranchiformes foram representadas por apenas uma espécie cada – o que equivale a 8,3% de todas as espécies coletadas, para cada ordem. Fotos *in vivo* de cada espécie foram realizadas para a construção da prancha ilustrativa dos peixes do Rio Lavapés (Fig. 6).

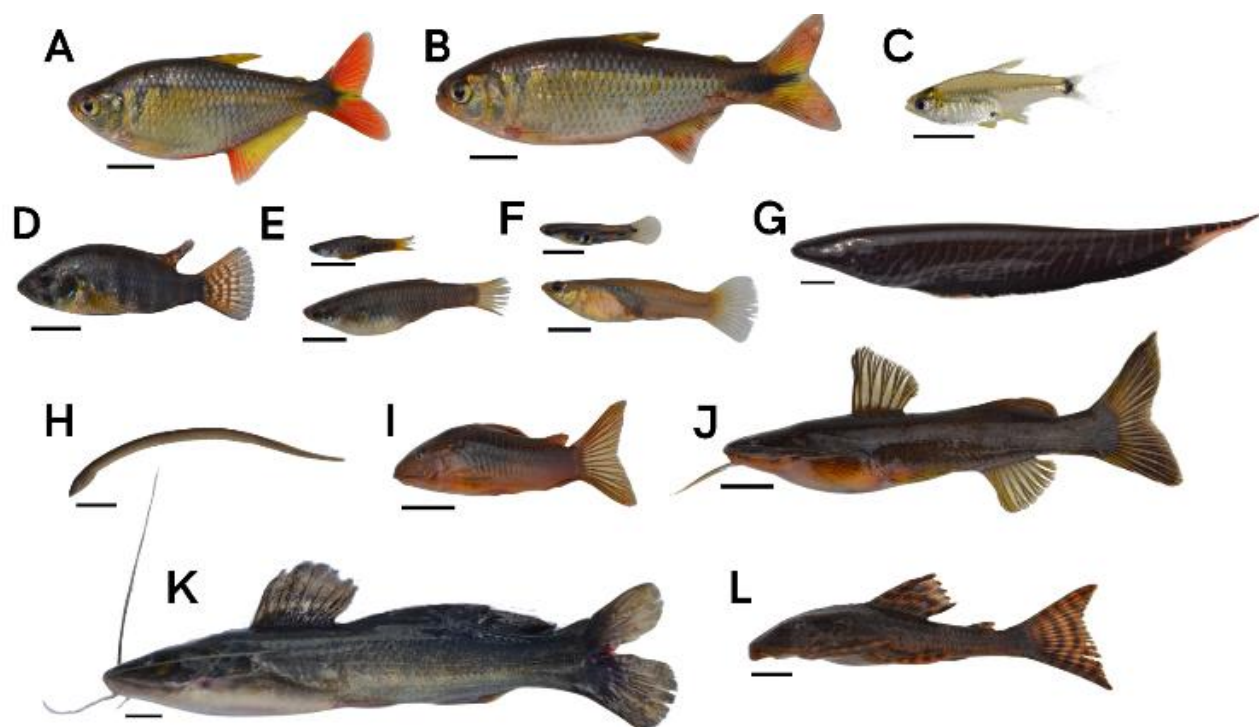


Figura 6. Prancha ilustrativa dos peixes do Rio Lavapés, Botucatu – SP. Espécies agrupadas por ordem: A-C Characiformes, D Cichliformes, E-F Cyprinodontiformes, G Gymnotiformes, H Synbranchiformes e I-L Siluriformes, Rio Lavapés, município de Botucatu - SP. A. *Psalidodon anisitsi*; B. *Psalidodon paranae*; C. *Serrapinnus notomelas*; D. *Geophagus iporangensis*; E. *Phalloceros harpagos*; F. *Poecilia reticulata*; G. *Gymnotus cuia*; H. *Synbranchus marmoratus*; I. *Corydoras aeneus*; J. *Imparfinis mirini*; K. *Rhamdia quelen*; L. *Hypostomus ancistroides*. Escala das barras: 1 cm.

No trecho alto do Rio Lavapés foram obtidas 10 diferentes espécies de peixes, sendo elas: *Corydoras aeneus*, *Geophagus iporangensis*, *Gymnotus cuia*, *Hypostomus ancistroides*, *Imparfinis mirini*, *Phalloceros harpagos*, *Poecilia reticulata*, *Psalidodon anisitsi*, *Psalidodon paranae* e *Synbranchus marmoratus*. As espécies *I. mirini*, *P. anisitsi* e *S. marmoratus* parecem ser exclusivas do trecho alto, uma vez que não foram observadas nos demais cursos do rio. Em relação à quantidade de indivíduos coletados por espécie, a espécie *P. harpagos* destacou-se pela sua abundância desproporcional, muito elevada, em relação às demais (n total = 1310). Em contrapartida, foi coletado apenas um indivíduo das espécies *G. iporangensis* e *S. marmoratus*.

No trecho baixo, a riqueza foi reduzida a 8 espécies, sendo elas: *Corydoras aeneus*, *Gymnotus cuia*, *Hypostomus ancistroides*, *Phalloceros harpagos*, *Poecilia reticulata*, *Psalidodon paranae* e *Rhamdia quelen*. Em coleta excepcional realizada em dezembro, com o intuito de fotografar as espécies em campo, foi coletado, adicionalmente, dois indivíduos da espécie *Serrapinnus notomelas*. A espécie *P. reticulata* foi a espécie com maior número de indivíduos coletados no trecho baixo (n

total = 2150), enquanto *G. cuia* e *P. paranae* se mantiveram com apenas um indivíduo representante de cada espécie. A única espécie exclusiva do trecho baixo, que não demonstrou ocorrência nos demais cursos do rio, é o bagre *Rhamdia quelen*.

A ocorrência por trecho das espécies e os índices de diversidade (riqueza, abundância, diversidade de Shannon-Wiener, equitabilidade de Pielou e dominância) seguem indicados na Tabela 1. Gráficos de barras com as espécies e suas respectivas abundâncias, encontradas nos trechos alto e baixo, também foram construídos (Fig. 7), utilizando-se o software GraphPad Prism 8.0.1.

Tabela 1. Lista de espécies encontrada nos trechos alto (A) e baixo (B) do Rio Lavapés, Botucatu – QGIS. SP. N = abundância; H' = índice de diversidade de Shannon-Wiener; E = equitabilidade; D = dominância.

Ordem	Família	Subfamília	Espécies	Trecho de coleta		Nº total
				A	B	
Characiformes	Acestrorhamphidae	Acestrorhamphinae	<i>Psalidodon anisitsi</i>	7	0	7
			<i>Psalidodon paranae</i>	396	1	397
	Characidae	Cheirodontinae	<i>Serrapinnus notomelas</i>	0	2	2
Cichliformes	Cichlidae	Cichlinae	<i>Geophagus iporangensis</i>	1	0	1
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	Poeciliinae	<i>Phalloceros harpagos</i>	1305	4	1309
			<i>Poecilia reticulata</i>	25	3438	3463
Gymnotiformes	Gymnotidae	Gymnotinae	<i>Gymnotus cuia</i>	5	1	6
Synbranchiformes	Synbranchidae		<i>Synbranchus marmoratus</i>	1	0	1
Siluriformes	Callichthyidae	Corydoradinae	<i>Corydoras aeneus</i>	58	81	139
	Heptapteridae	Rhamdiinae	<i>Imparfinis mirini</i>	17	0	17
			<i>Rhamdia quelen</i>	0	4	4
	Loricariidae	Hypostominae	<i>Hypostomus ancistroides</i>	60	14	74
Total de indivíduos				1875	3545	5420
Riqueza de espécies				10	8	
Diversidade (H')				0,943	0,162	
Equitabilidade (E)				0,4096	0,0779	
Dominância (D)				0,531	0,941	

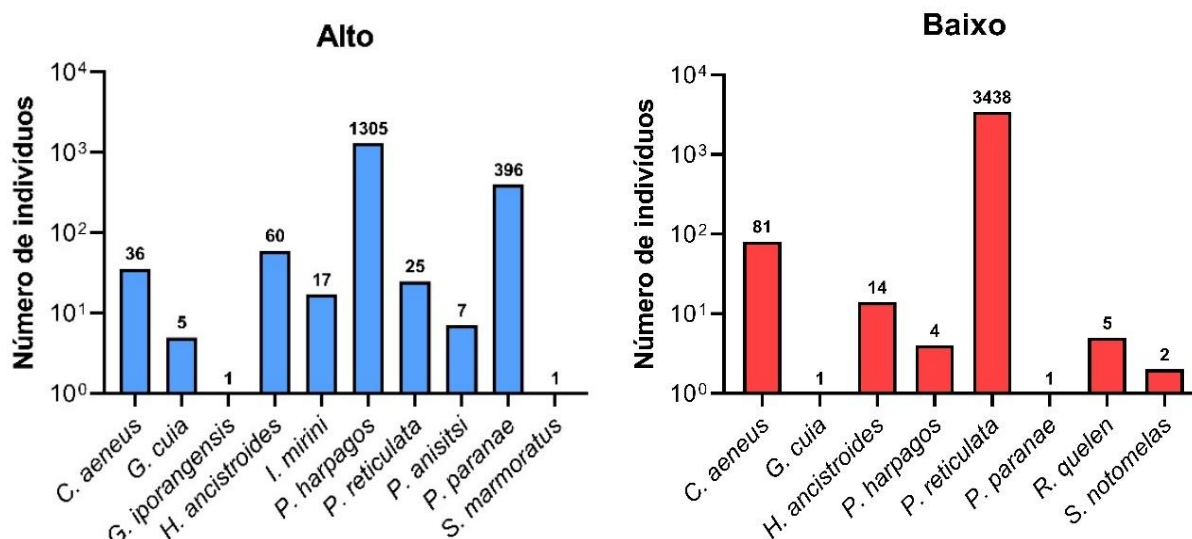


Figura 7. Gráficos de barras indicando abundância das espécies coletadas nos trechos alto e baixo do Rio Lavapés, Botucatu (SP).

No trecho médio, não houve coleta de peixes nas três primeiras coletas do projeto. O trecho não apresenta vegetação marginal pendente sobre o curso d'água, e se mostrou muito profundo (aproximadamente 2 metros) para utilização de peneiras, com fundo rochoso. Assim, os esforços foram realizados através da implementação de dois covos, que ficaram submersos por 6 horas. No entanto, nas três tentativas de coleta, nenhum peixe foi capturado.

A não captura de nenhum peixe deixou a dúvida se de fato os peixes estavam ausentes, ou se a não captura era resultado de uma falha metodológica. Assim, para a quarta coleta (unicamente), além da utilização de covos no ponto convencional de coleta, um ponto adjacente ao anterior ponto médio foi definido para a utilização de peneiras. O novo ponto localiza-se nas coordenadas 22°51'23"S 48°25'44"W, menos de 1 km do ponto anterior (ou seja, ainda pertencente ao médio curso do rio), e conta com vegetação pendente sobre o curso d'água e menor profundidade (Fig. 8). Assim, foi possível a utilização da peneira e 5 espécies foram coletadas, sendo elas: *Corydoras aeneus*, *Hypostomus ancistroides*, *Phalloceros harpagos*, *Poecilia reticulata* e *Rhamdia quelen*. Os covos, por sua vez, capturaram apenas 5 espécimes de *P. reticulata*. A abundância de cada espécie coletada no novo ponto, com a utilização da peneira, pode ser consultada na Tabela 2.

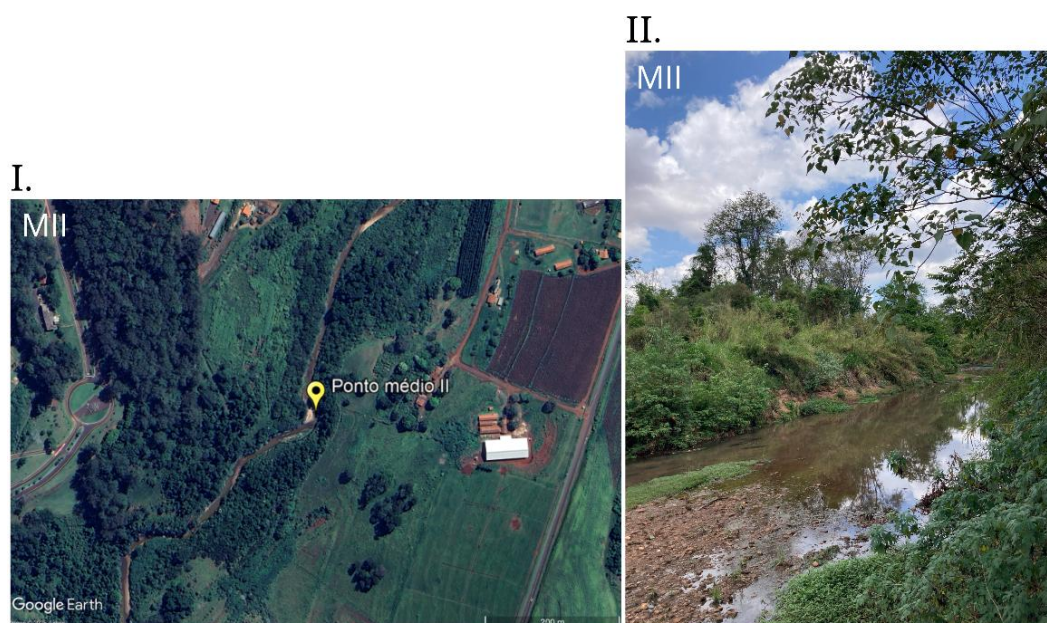


Figura 8. Ponto médio II, Rio Lavapés, Botucatu (SP). I. Imagem de satélite do ponto de coleta (Fonte: Google Earth). II. Imagem em campo (Fonte: acervo pessoal).

Tabela 2. Lista de espécies encontrada NO TRECHO MÉDIO (outubro) do Rio Lavapés, Botucatu – SP. N = abundância; H' = índice de diversidade de Shannon-Wiener; E = equitabilidade; D = dominância.

Ordem	Família	Subfamília	Espécies	Nº
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	Poeciliinae	<i>Phalloceros harpagos</i>	1
			<i>Poecilia reticulata</i>	180
Siluriformes	Callichthyidae	Corydoradinae	<i>Corydoras aeneus</i>	25
			<i>Rhamdia quelen</i>	1
	Loricariidae	Hypostominae	<i>Hypostomus ancistroides</i>	34
Total de indivíduos				241
Riqueza de espécies				5
Diversidade (H')				0,7748
Equitabilidade (E)				0,4814
Dominância (D)				0,775

Os peixes coletados foram triados, etiquetados e, em sua maioria, encaminhados para a Coleção de Peixes do Laboratório de Biologia e Genética de Peixes (LBP – UNESP/Botucatu), onde atualmente estão depositados, constituindo a coleção referência do presente projeto. Destaca-se o cuidado com o registro e depósito da coleção testemunho, prática esta que assegura a reprodutibilidade e a transparência da pesquisa científica.

Os peixes não enviados para o LBP foram utilizados para a confecção de uma coleção didática dos peixes do Rio Lavapés, formada por nove kits – cada um composto por uma amostra com 1 representante de cada espécie de peixe –, os quais serão utilizados para fins educativos em aulas de

graduação e pós-graduação em Ciências Biológicas. Os kits já foram utilizados durante aula prática da disciplina optativa da graduação intitulada “Ictiologia”, ministrada no segundo semestre de 2024. Tais kits encontram-se depositados na Coleção Didática do setor de Zoologia do Departamento de Biodiversidade e Bioestatística do Instituto de Biociências de Botucatu (IBB), UNESP.

Por fim, um panfleto educativo com a ictiofauna do Rio Lavapés foi confeccionado, o qual foi disponibilizado para a Escola do Meio Ambiente (que se localiza ao lado da principal nascente do Rio Lavapés), para o Instituto de Biociências de Botucatu – UNESP, onde poderá ser utilizado em aulas e projetos de extensão, e digitalmente, em domínio público, para a população em geral (https://docs.google.com/document/d/1wEBwUtjTIIbdRus0AO_9yX91k1iMTAXHOYxdFz1mTRU/edit?usp=sharing). O material possui intuito extensionista e de engajamento da população em prol de questões ambientais locais, e conta com uma breve descrição da história do Rio Lavapés e de seus peixes, com linguagem simples, fotos *in vivo* e uma chave de identificação. A chave de identificação dos peixes do Rio Lavapés também pode ser consultada ao final deste trabalho (seção 11.).

6.2. Da qualidade de água

Os parâmetros físico-químicos da água determinados *in situ* foram: temperatura (°C), pH, potencial de oxidação redução (mV), condutividade elétrica (µS/cm), turbidez (NTU), oxigênio dissolvido (mg/L) e sólidos totais dissolvidos (g/L). Ainda, foram coletadas amostras de água para análises laboratoriais, sendo elas: clorofila a (µg/L), concentração de fósforo total (mg/L), concentração de nitrogênio total (mg/L), coliformes termotolerantes (NMP/100ml), coliformes totais (NMP/100ml) e *E. coli* (NMP/100ml). Ressalta-se que todas as análises e determinações foram realizadas em réplicas.

Os dados brutos e resultados obtidos foram organizados - por trecho e por coleta - em tabelas de Excel, que podem ser consultados abaixo, nas Tabelas 3, 4 e 5. Os termos abreviados significam: TEMP. = temperatura; ORP = potencial de oxidação redução; K = condutividade; TURB. = turbidez; OD = oxigênio dissolvido; ST = sólidos totais; COL. TOTAIS = coliformes totais; COL. TERMOT. = coliformes termotolerantes; P TOTAL = fósforo total; N TOTAL = nitrogênio total. A significância estatística das variações limnológicas entre o ponto alto e baixo pode ser consultada na Tabela 6, enquanto a significância entre os pontos alto e médio está representada na Tabela 7 e a entre os pontos médio e baixo pode ser consultada na Tabela 8. Os valores que apresentaram diferença significativa entre os trechos ($p \leq 0,05$ para ANOVA e $p \leq 0,025$ para Kruskal-Wallis) estão destacados em vermelho.

De forma geral, o trecho alto apresenta qualidade de água bastante alta, que decai em relação ao trecho médio e ainda mais em relação ao baixo. Os valores de pH, condutividade elétrica, turbidez, sólidos totais, clorofila a, fósforo e nitrogênio apresentaram diferenças significativas entre o trecho

alto e médio do rio. Entre o trecho médio e baixo, os parâmetros com diferença significativa que mais se destacaram foram: temperatura, sólidos totais, clorofila a, fósforo e nitrogênio. Por fim, os trechos alto e baixo diferiram significativamente em um maior número de parâmetros, sendo eles: temperatura, condutividade elétrica, turbidez, sólidos totais, coliformes termotolerantes, *E. coli*, clorofila a, fósforo e nitrogênio.

Tabela 3. Determinações limnológicas do ponto A (22° 54' 43" S 48° 26' 41" W), alto curso do Rio Lavapés, Botucatu – SP.

Ponto alto	Coleta	TEMP. (°C)	pH	ORP (mV)	K (mS/cm)	TURB. (NTU)	OD (mg/L)	ST (mg/L)	COL. TOTAIS (NMP/100ml)	COL. TERMOT. (NMP/100ml)	<i>E. COLI</i> (NMP/100ml)	CLOROFILA A (µg/L)	P TOTAL (mg/L)	N TOTAL (mg/L)
Amostra1	Março	22,73	7,29	180	66	9,78	6,59	1,68	360	360	360	2,0879	0,0213	1,5217
Amostra2	Março	22,72	7,09	176	66	10,6	6,28	1,94	7500	7500	300	4,1758	0,0159	1,4072
Amostra3	Março	22,71	7,02	171	66	9,79	6,39	2,34	21000	1500	300	1,0411	0,0199	1,2728
Amostra1	Junho	21,62	9,69	164	55	7,19	7,73	1,82	110000	300	300	2,1412	0,0158	1,2472
Amostra2	Junho	21,61	9,15	153	55	7,09	7,1	1,48	21000	300	300	3,0769	0,0163	1,1733
Amostra3	Junho	21,6	8,65	150	55	9,63	6,4	1,16	110000	2300	730	1,0121	0,0076	1,1856
Amostra1	Agosto	21,57	7,48	203	75	7,74	10,38	1,42	1500	1500	910	1,3187	0,0094	1,2844
Amostra2	Agosto	21,55	7,21	211	73	8,17	10	1,64	2100	2100	730	1,0989	0,0094	1,265
Amostra3	Agosto	21,6	7,06	218	75	7,87	9,88	1,4	1500	1500	360	1,0989	0,0118	1,2361
Amostra1	Outubro	24,22	7,67	232	76	9,06	7,86	2,28	12000	360	360	3,1868	0,0063	0,9122
Amostra2	Outubro	24,22	7,34	253	73	10,5	8,25	2,48	12000	300	300	2,3077	0,0049	0,8322
Amostra3	Outubro	24,23	6,91	266	60	18,6	8,05	1,82	4300	1500	360	4,0659	0,0046	0,7817
Média		22,5317	7,7133	198,0833	66,25	9,6683	7,9092	1,7883	25271,6667	1626,6667	442,5	2,2177	0,0119	1,1766
Desvio-padrão		1,128	0,9253	38,6369	8,3025	3,0707	1,4822	0,4112	40215,2097	1993,7782	215,8756	1,1719	0,0058	0,2244

Tabela 4. Determinações limnológicas do ponto M (22° 50' 42" S 48° 25' 40" W), médio curso do Rio Lavapés, Botucatu – SP.

Ponto médio	Coleta	TEMP. (°C)	pH	ORP (mV)	K (mS/cm)	TURB. (NTU)	OD (mg/L)	ST (mg/L)	COL. TOTAIS (NMP/100mL)	COL. TERMOT. (NMP/100mL)	<i>E. COLI</i> (NMP/100mL)	CLOROFILA A (µg/L)	P TOTAL (mg/L)	N TOTAL (mg/L)
Amostra1	Março	23,22	7,41	201	128	20,9	8,05	3,84	9300	1500	300	2,2658	0,0492	3,3422
Amostra2	Março	23,22	7,62	197	128	34,3	7,89	3,86	2800	2800	1100	1,6484	0,0352	3,1789
Amostra3	Março	23,21	7,77	192	128	17,5	7,92	3,78	2800	2800	2800	2,5641	0,0425	3,1811
Amostra1	Junho	21,63	10,27	157	135	27	9,02	3,9	46000	7500	2900	8,3961	0,0465	3,6511
Amostra2	Junho	21,53	10,2	162	135	18,6	7,71	3,86	46000	9300	9300	15,096	0,0552	3,6567
Amostra3	Junho	21,92	10,27	161	133	25,1	7,19	3,62	2400000	21000	9300	10,3448	0,0392	3,6578
Amostra1	Agosto	21,78	8,17	177	232	26,4	9,95	3,94	910	910	910	7,4801	0,1688	3,6178
Amostra2	Agosto	21,77	8,09	181	233	22,5	9,78	4,02	2100	1500	1500	8,3791	0,1695	3,7933
Amostra3	Agosto	21,87	7,72	192	202	27,9	9,77	3,42	2300	2300	2300	6,4469	0,1668	3,3567
Amostra1	Outubro	24,45	8,35	229	100	202	8,57	4,36	24000	910	300	4,8666	0,0508	2,9011
Amostra2	Outubro	24,42	8,41	229	99	165	8,44	4,26	4300	110	360	6,9231	0,0495	2,8789
Amostra3	Outubro	24,42	8,21	237	89	199	8,17	4,4	9300	3500	360	5,8085	0,0512	2,7967
Média		22,7867	8,5408	192,9167	145,1667	65,5167	8,5383	3,9383	212484,1667	4510,8333	2619,1667	6,685	0,077	3,3344
Desvio-padrão		1,176	1,0716	27,454	49,5889	74,9102	0,9033	0,2891	689085,786	5869,4656	3260,3247	3,7735	0,0554	0,348

Tabela 5. Determinações limnológicas do ponto B (22° 46' 15" S 48° 26' 19" W), baixo curso do Rio Lavapés, Botucatu – SP.

Ponto baixo	Coleta	TEMP. (°C)	pH	ORP (mV)	K (mS/cm)	TURB. (NTU)	OD (mg/L)	ST (mg/L)	COL. TOTAIS (NMP/100mL)	COL. TERMOT. (NMP/100mL)	<i>E. COLI</i> (NMP/100mL)	CLOROFILA A (µg/L)	P TOTAL (mg/L)	N TOTAL (mg/L)
Amostra1	Março	24,71	7,75	205	319	7,48	7,46	7,78	46000	46000	46000	9,011	0,5058	15,6833
Amostra2	Março	24,73	7,77	205	317	25,8	7,68	5,58	110000	110000	2400	30,8352	0,5058	16,9222
Amostra3	Março	24,72	7,83	203	319	24,9	6,27	8,02	110000	110000	4400	9,8901	0,5408	16,5222
Amostra1	Junho	23,46	9,16	171	337	19,4	7,43	7,72	9300	110000	110000	13,1868	0,7158	19,1778
Amostra2	Junho	23,47	9,23	169	338	13,8	6,92	7,12	2400000	9300	4300	13,2391	0,4992	16,2778
Amostra3	Junho	23,47	9,41	161	335	24,3	6,47	7,96	2400000	2400000	460000	23,7795	0,8825	17,7722
Amostra1	Agosto	24,12	7,6	163	583	21,8	9,93	8,46	4300	4300	4300	13,742	0,8225	17,4111
Amostra2	Agosto	24,13	7,55	167	581	24,7	9,67	8,6	9300	4300	4300	15,2036	0,7692	13,5667
Amostra3	Agosto	24,13	7,34	174	548	12,5	9,55	8,46	9300	4300	4300	17,415	0,8392	14,9722
Amostra1	Outubro	25,31	8,27	196	107	123	8,33	7,9	24000	2100	2100	14,4207	0,2142	17,3889
Amostra2	Outubro	25,31	8,03	215	107	185	8,12	8,34	2800	2800	300	18,9255	0,2175	14,9556
Amostra3	Outubro	25,31	8,03	219	108	152	8,09	8,34	24000	910	360	13,431	0,2142	16,0333
Média		24,4058	8,1642	187,3333	333,25	52,89	7,9933	7,8567	429083,3333	233667,5	53563,3333	16,09	0,5606	16,3903
Desvio-padrão		0,7153	0,7097	21,727	171,5433	62,2533	1,216	0,8278	921382,544	683797,2208	131940,5312	6,0873	0,2496	1,4985

Tabela 6. Nível de significância (p) resultados de uma One-Way ANOVA ou Kruskal-Wallis aplicados às variáveis da água medidas nos trechos alto e médio do Rio Lavapés, Botucatu (SP).

ALTO X MÉDIO			
Parâmetro	Teste utilizado	Valor do teste	Valor de p
Temperatura	Kruskal-Wallis	13,815	0,2077
pH	Kruskal-Wallis	7,707	0,0106
Potencial de óxido redução	ANOVA	0,3828	0,9074
Condutividade elétrica	Kruskal-Wallis	26,45	> 0.001
Turbidez	Kruskal-Wallis	20,296	> 0.001
Oxigênio dissolvido	ANOVA	0,935	0,4276
Sólidos totais	Kruskal-Wallis	31,151	0,0053
Coliformes totais	Kruskal-Wallis	4,2332	0,4536
Coliformes termotolerantes	Kruskal-Wallis	13,381	0,0576
<i>E. coli</i>	Kruskal-Wallis	14	0,0319
Clorofila a	ANOVA	34,273	0,035
Fósforo	Kruskal-Wallis	31,147	0,0053
Nitrogênio	ANOVA	1009,2	> 0.001

Tabela 7. Nível de significância (p) resultados de uma One-Way ANOVA ou Kruskal-Wallis aplicados às variáveis da água medidas nos trechos médio e baixo do Rio Lavapés, Botucatu (SP).

MÉDIO X BAIXO			
Parâmetro	Teste utilizado	Valor do teste	Valor de p
Temperatura	Kruskal-Wallis	13,815	0,0063
pH	Kruskal-Wallis	7,707	0,222
Potencial de óxido redução	ANOVA	0,3828	0,8928
Condutividade elétrica	Kruskal-Wallis	26,45	0,0404
Turbidez	Kruskal-Wallis	20,296	0,1455
Oxigênio dissolvido	ANOVA	0,935	0,5262
Sólidos totais	Kruskal-Wallis	31,151	0,0026
Coliformes totais	Kruskal-Wallis	4,2332	0,0835
Coliformes termotolerantes	Kruskal-Wallis	13,381	0,038
<i>E. coli</i>	Kruskal-Wallis	14	0,0565
Clorofila a	ANOVA	34,273	> 0.001
Fósforo	Kruskal-Wallis	31,147	0,0026
Nitrogênio	ANOVA	1009,2	> 0.001

Tabela 8. Nível de significância (p) resultados de uma One-Way ANOVA ou Kruskal-Wallis aplicados às variáveis da água medidas nos trechos alto e baixo do Rio Lavapés, Botucatu (SP).

ALTO X BAIXO			
Parâmetro	Teste utilizado	Valor do teste	Valor de p
Temperatura	Kruskal-Wallis	13,815	> 0.001
pH	Kruskal-Wallis	7,707	0,0531
Potencial de óxido redução	ANOVA	0,3828	0,6597
Condutividade elétrica	Kruskal-Wallis	26,45	> 0.001
Turbidez	Kruskal-Wallis	20,296	0,0011
Oxigênio dissolvido	ANOVA	0,935	0,9844
Sólidos totais	Kruskal-Wallis	31,151	> 0.001
Coliformes totais	Kruskal-Wallis	4,2332	0,096
Coliformes termotolerantes	Kruskal-Wallis	13,381	> 0.001
<i>E. coli</i>	Kruskal-Wallis	14	> 0.001
Clorofila a	ANOVA	34,273	> 0.001
Fósforo	Kruskal-Wallis	31,147	> 0.001
Nitrogênio	ANOVA	1009,2	> 0.001

a. Balneabilidade

Balneabilidade refere-se à qualidade das águas utilizadas para recreação de contato primário, isto é, atividades que envolvem contato direto e prolongado com a água, como banhos de cachoeira, mergulho e natação. Nessas atividades, há uma alta possibilidade de ingestão acidental de água. A avaliação da balneabilidade é regulamentada pela Resolução CONAMA nº 274/2000 e aplicada tanto em praias litorâneas quanto em águas interiores, como rios e represas. A análise classifica as águas em duas categorias: “própria” (com os níveis Excelente, Muito Boa ou Satisfatória) ou “imprópria”, a partir da quantificação de indicadores microbiológicos de contaminação fecal (CETESB, 2019).

Para garantir representatividade, a metodologia proposta pela CETESB exige uma frequência de amostragem semanal, em que os resultados das coletas das últimas cinco semanas coletadas são utilizados para classificação de balneabilidade semanal do corpo d’água. Embora as coletas realizadas neste projeto não tenham seguido a frequência de amostragem determinada pela CETESB, optou-se por abordar o tema devido à relevância histórica e social do rio com e para a população do município de Botucatu. Em décadas anteriores, o Lavapés já foi utilizado pelos moradores da região para atividades recreativas de contato direto, de forma que discutir sua balneabilidade, ainda que de forma não oficial, contribui para contextualizar a transformação da paisagem e das condições ambientais do rio ao longo do tempo, ressaltando seu potencial — ou limitações — para usos recreativos futuros.

A legislação que estabelece os critérios e limites para análise de balneabilidade é a Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000, em que destaca-se:

Art. 2º As águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) terão sua condição avaliada nas categorias própria e imprópria.

§ 1º As águas consideradas próprias poderão ser subdivididas nas seguintes categorias:

- a) Excelente: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 Escherichia coli ou 25 enterococos por 100 mililitros;*
- b) Muito Boa: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 Escherichia coli ou 50 enterococos por 100 mililitros;*
- c) Satisfatória: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 Escherichia coli ou 100 enterococos por 100 mililitros.*

§ 2º Quando for utilizado mais de um indicador microbiológico, as águas terão as suas condições avaliadas, de acordo com o critério mais restritivo.

§ 3º Os padrões referentes aos enterococos aplicam-se, somente, às águas marinhas.

§ 4º As águas serão consideradas impróprias quando no trecho avaliado, for verificada uma das seguintes ocorrências:

- a) não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias;*
- b) valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 Escherichia coli ou 400 enterococos por 100 mililitros;*
- c) incidência elevada ou anormal, na Região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias;*
- d) presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;*
- e) pH < 6,0 ou pH > 9,0 (águas doces), à exceção das condições naturais; f) floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;*
- g) outros fatores que contra-indiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.*

Como as coletas de água neste projeto foram realizadas em réplicas, cada amostra representa 33,3% do total amostrado por trecho. Assim, caso uma única amostra apresentasse valores superiores a 2.500 coliformes termotolerantes ou a 2.000 *Escherichia coli* por 100 ml, o período da coleta foi automaticamente classificado como impróprio, uma vez que apenas 66,6% das amostras

permaneceriam dentro dos limites, - o que é inferior aos 80% exigidos pela Resolução CONAMA nº 274/2000.

A Tabela 9 resume os valores e médias de coliformes termotolerantes e *E. coli*, coletados nas quatro coletas ao longo de 2024. Por meio dela percebe-se que os trechos médio e baixo do rio ultrapassaram (destaque em vermelho), nas quatro campanhas de amostragem, os limites de *E. coli* e/ou coliformes termotolerantes para águas próprias ao contato primário; - considerando-se o critério mais restritivo, como estabelecido na Resolução CONAMA nº 274/2000. No trecho alto, os valores obtidos em junho, agosto e outubro enquadraram-se na categoria “satisfatória”, sendo o mês de março o único a exceder os limites permitidos.

Tabela 9. Valores e médias de coliformes termotolerantes e *E. coli*, coletados em março, junho, agosto e outubro de 2024, por trecho de coleta (trecho do alto curso, médio curso e baixo curso do Rio Lavapés, Botucatu – SP).

Ponto alto	COL. TERMOT. (NMP/100ml)	<i>E. COLI</i> (NMP/100ml)	Ponto médio	COL. TERMOT. (NMP/100ml)	<i>E. COLI</i> (NMP/100ml)	Ponto baixo	COL. TERMOT. (NMP/100ml)	<i>E. COLI</i> (NMP/100ml)
Março	360	360	Março	1500	300	Março	46000	46000
Março	7500	300	Março	2800	1100	Março	110000	2400
Março	1500	300	Março	2800	2800	Março	110000	4400
Média	3120	320	Média	2366,666667	1400	Média	88666,66667	17600
Junho	300	300	Junho	7500	2900	Junho	110000	110000
Junho	300	300	Junho	9300	9300	Junho	9300	4300
Junho	2300	730	Junho	21000	9300	Junho	2400000	460000
Média	966,666667	443,333333	Média	12600	7166,666667	Média	839766,6667	191433,3333
Agosto	1500	910	Agosto	910	910	Agosto	4300	4300
Agosto	2100	730	Agosto	1500	1500	Agosto	4300	4300
Agosto	1500	360	Agosto	2300	2300	Agosto	4300	4300
Média	1700	666,666667	Média	1570	1570	Média	4300	4300
Outubro	360	360	Outubro	910	300	Outubro	2100	2100
Outubro	300	300	Outubro	110	360	Outubro	2800	300
Outubro	1500	360	Outubro	3500	360	Outubro	910	360
Média	720	340	Média	1506,666667	340	Média	1936,666667	920
Média total	1626,666667	442,5	Média total	4510,833333	2619,166667	Média total	233667,5	53563,33333

b. Índice do Estado Trófico (IET)

O Índice do Estado Trófico classifica corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas e cianobactérias (Tab. 10). Duas variáveis limnológicas são levadas em consideração para seu cálculo, clorofila a (ug/L) e fósforo total (ug/L). Como explicitado no Apêndice D (Índices de Qualidade das Águas) da CETESB, de 2019, “os resultados correspondentes ao fósforo, IET(P), devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, dado que este nutriente atua como o agente causador do processo. A avaliação correspondente à clorofila a, IET(CL), por sua vez, deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas que tem lugar em suas águas”. Assim, o índice engloba, de forma satisfatória, tanto a causa quanto o efeito do processo de eutrofização de corpos d'água.

O Índice do Estado Trófico foi calculado para cada ponto do Rio Lavapés, separadamente por período de coleta (Tab. 11). Os valores finais posicionaram o ponto alto majoritariamente como oligotrófico, com exceção da coleta de março, em que foi classificado como mesotrófico. O ponto médio foi o que mais apresentou oscilações, embora tenha se mantido em média como eutrófico. Em contraposição, o ponto baixo destacou-se por sua classificação como hipereutrófico, durante todas as coletas realizadas.

Tabela 10. Classificação do Estado Trófico para rios – Apêndice D, CETESB.

CLASSIFICAÇÃO	IET
ULTRAOLIGOTRÓFICO	$\leq 47,0$
OLIGOTRÓFICO	$47 < \text{IET} \leq 52$
MESOTRÓFICO	$52 < \text{IET} \leq 59$
EUTRÓFICO	$59 < \text{IET} \leq 63$
SUPEREUTRÓFICO	$63 < \text{IET} \leq 67$
HIPEREUTRÓFICO	> 67

Tabela 11. Classificação do Estado Trófico do alto, médio e baixo curso do Rio Lavapés, Botucatu – SP, nos diferentes períodos de coleta.

Ponto	Coleta	Cl. a (ug/L)	PT (ug/L)	IET(CL)	IET(P)	IET	CLASSIFICAÇÃO
Alto	Março	2,434933	19,02778	54,70329	51,10013	52,90171	MESOTRÓFICO
	Junho	2,076742	13,19444	53,32593	49,19869	51,26231	OLIGOTRÓFICO
	Agosto	1,172161	10,19444	48,37503	47,85896	48,11699	OLIGOTRÓFICO
	Outubro	3,186813	5,25	57,03269	44,41234	50,72251	OLIGOTRÓFICO
Médio	Março	2,15941	42,27778	53,66382	55,24658	54,4552	MESOTRÓFICO
	Junho	11,27898	46,94444	67,97339	55,79038	61,88188	EUTRÓFICO
	Agosto	7,435371	168,3889	64,36643	62,42435	63,39539	SUPEREUTRÓFICO

	Outubro	5,866039	50,5	62,31432	56,16956	59,24194	EUTRÓFICO
Baixo	Março	16,57875	517,5	71,30758	68,25549	69,78154	HIPEREUTRÓFICO
	Junho	16,73515	699,1667	71,38886	69,81817	70,60352	HIPEREUTRÓFICO
	Agosto	15,45354	810,2778	70,6992	70,58418	70,64169	HIPEREUTRÓFICO
	Outubro	15,5924	215,2778	70,77663	63,7002	67,23841	HIPEREUTRÓFICO

c. Análise dos Componentes Principais (PCA)

A análise de componentes principais (PCA) (Fig. 8) foi feita com 12 variáveis, sendo elas: temperatura (Temp.), pH, potencial de óxido redução (ORP), condutividade elétrica (Conductiv.), turbidez (Turb.), oxigênio dissolvido (OD), clorofila a (Clorof. a), concentração de fósforo total (Fósforo), concentração de nitrogênio total (Nitrogênio), sólidos totais (Sólidos t.) e coliformes termotolerantes (Colif. termo.) e Índice do Estado Trófico (IET).

As variáveis “coliformes totais” e “*E. coli*” foram excluídas da análise dos componentes principais, mantendo-se apenas a variável “coliformes termotolerantes”. A remoção de “coliformes totais” justifica-se por sua definição ampla: segundo técnica de fermentação em tubos múltiplos, o grupo dos coliformes é composto por “bactérias gram-negativas, anaeróbias facultativas, em forma de bastonetes, não formadoras de esporos e capazes de formar colônias características em meios seletivos” (APHA, 2017). Sendo assim, tal variável inclui bactérias provenientes não apenas de fezes, mas também de outras fontes ambientais (solo ou madeira em decomposição, por exemplo). Por outro lado, os coliformes termotolerantes - um subconjunto dos coliformes totais - são considerados indicadores mais confiáveis de contaminação provinda de esgoto sanitário, uma vez que sua presença está fortemente associada à origem fecal de animais homeotérmicos (USEPA, 2015).

Já a variável “*E. coli*” foi excluída devido ao seu alto grau de correlação com “coliformes termotolerantes”, optando-se por sua remoção a fim de evitar multicolinearidade — condição estatística em que duas ou mais variáveis explicativas estão fortemente correlacionadas entre si, o que compromete a interpretação dos resultados. Como *E. coli* é uma bactéria integrante do grupo dos coliformes termotolerantes, sua representatividade já está incorporada a essa variável.

As variáveis que apresentaram os maiores valores de correlação foram “Fósforo”, “Nitrogênio”, “Sólidos t.” e “IET”, respectivamente (PC1) (Tab. 12). A explicação no eixo 1 foi de 53,1%, e no eixo 2 foi de 18,9%, somando 72%. O eixo 2 separa o trecho alto à esquerda e o baixo à direita, com o trecho médio ao centro. O eixo 1 separa os períodos de coleta, sendo possível perceber uma separação bastante nítida entre os meses de outubro (acima do eixo) e junho (abaixo do eixo). Na tabela 13 podem ser consultados os valores de correlação entre as variáveis.

Análise de Componentes Principais

Comparação entre trechos

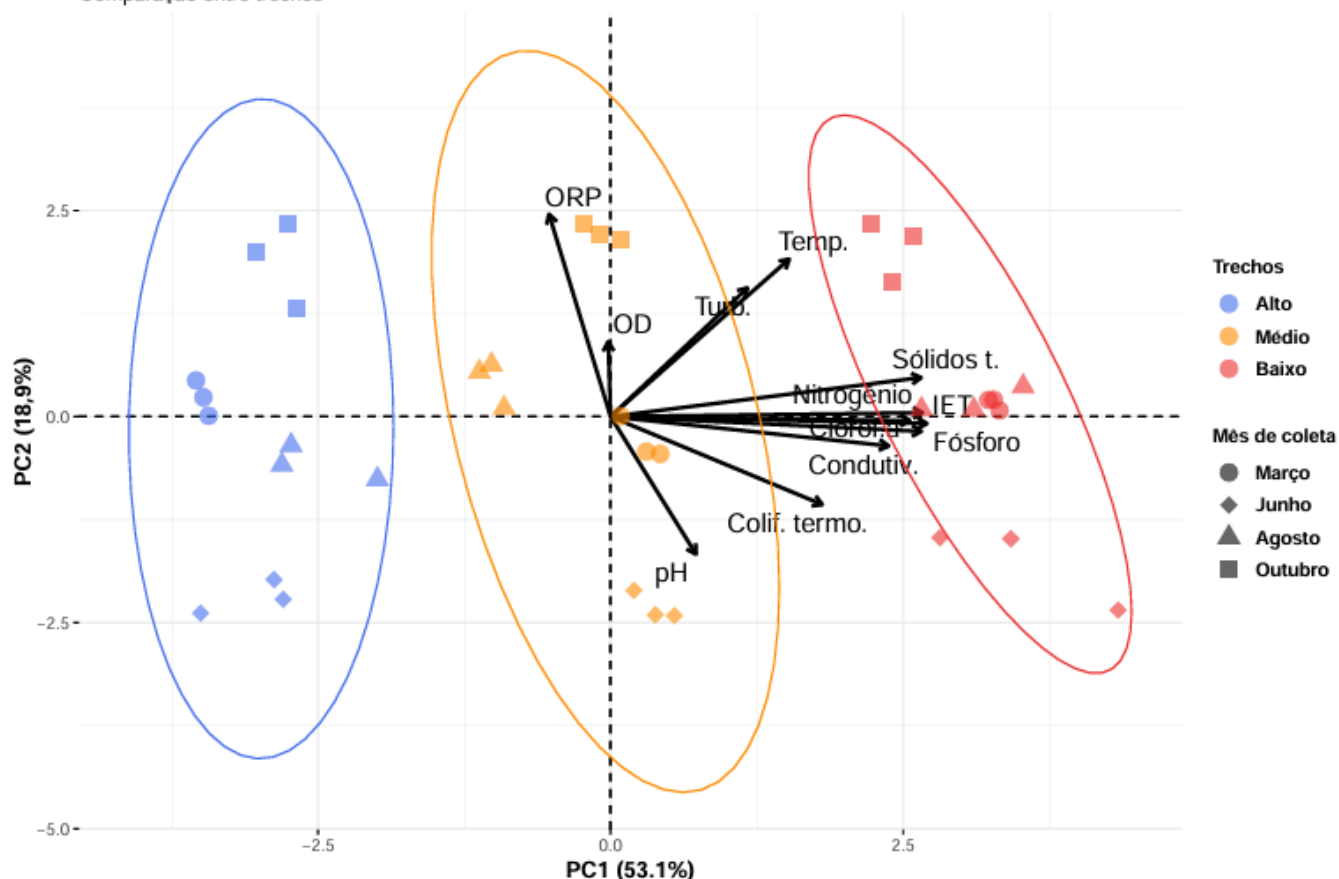


Figura 9. Resultado gráfico PCA (PC1 e PC2), a partir das variáveis limnológicas medidas nos trechos do alto, médio e baixo curso do Rio Lavapés, nos quatro períodos de coleta.

Tabela 12. Valores das correlações das variáveis com os PC1 e PC2.

Variável limnológica	PC1	PC2
Temperatura	0,553265131	0,693192864
pH	0,264701179	-0,605148115
ORP	-0,190863982	0,890274889
Condutividade	0,861134641	-0,128972781
Turbidez	0,424139662	0,565972323
Oxigênio dissolvido	-0,007283618	0,329222442
Clorofila a	0,926636926	-0,017414934
Fósforo	0,962758285	-0,064879627
Nitrogênio	0,966121232	0,017182407
Sólidos totais	0,961871825	0,171761672
Coliformes termotolerantes	0,655866027	-0,386787765
IET	0,979862924	-0,030143388

Tabela 13. Valores das correlações entre as variáveis limnológicas.

Variável 1	Variável 2	Valor da correlação	Variável 1	Variável 2	Valor da correlação
TEMP	pH	-0,273647568	TURB	OD	0,125592248
TEMP	ORP	0,521278853	TURB	ST	0,51088423

TEMP	K	0,305103679	TURB	COL_TERMOM	-0,036733132
TEMP	TURB	0,564196997	TURB	IET	0,260068442
TEMP	OD	-0,133058406	TURB	COL_TOT	-0,014797605
TEMP	ST	0,666146163	TURB	E_COLI	-0,108696187
TEMP	COL_TERMOM	0,151612418	TURB	CL_A	0,436772497
TEMP	IET	0,178247795	TURB	P	0,309900764
TEMP	COL_TOT	0,087117473	TURB	N	0,359767991
TEMP	E_COLI	0,05434611	OD	ST	0,042754046
TEMP	CL_A	0,486301494	OD	COL_TERMOM	-0,323599472
TEMP	P	0,438748912	OD	IET	0,355014154
TEMP	N	0,572885105	OD	COL_TOT	-0,538566253
pH	ORP	-0,538906434	OD	E_COLI	-0,130497986
pH	K	0,089079593	OD	CL_A	0,0121384
pH	TURB	0,146790205	OD	P	0,05876294
pH	OD	-0,219678154	OD	N	-0,024866512
pH	ST	0,170874858	ST	COL_TERMOM	0,521383905
pH	COL_TERMOM	0,267359893	ST	IET	0,44163535
pH	IET	0,301957699	ST	COL_TOT	0,288214307
pH	COL_TOT	0,632947981	ST	E_COLI	0,569884477
pH	E_COLI	0,417888422	ST	CL_A	0,846461726
pH	CL_A	0,366499965	ST	P	0,918570664
pH	P	0,178546308	ST	N	0,945380904
pH	N	0,185534642	COL_TERMOM	IET	0,191909237
ORP	K	-0,2839008	COL_TERMOM	COL_TOT	0,552005841
ORP	TURB	0,355755134	COL_TERMOM	E_COLI	0,839380116
ORP	OD	0,230549088	COL_TERMOM	CL_A	0,572293686
ORP	ST	-0,058183971	COL_TERMOM	P	0,609945413
ORP	COL_TERMOM	-0,295102189	COL_TERMOM	N	0,633705688
ORP	IET	0,065116161	IET	COL_TOT	0,303947158
ORP	COL_TOT	-0,359284211	IET	E_COLI	0,314239176
ORP	E_COLI	-0,423997687	IET	CL_A	0,341328636
ORP	CL_A	-0,167612914	IET	P	0,367084395
ORP	P	-0,281429772	IET	N	0,384599517
ORP	N	-0,186690312	COL_TOT	E_COLI	0,471939815
K	TURB	0,074192806	COL_TOT	CL_A	0,394763911
K	OD	0,201693053	COL_TOT	P	0,267110751
K	ST	0,807978437	COL_TOT	N	0,346410563
K	COL_TERMOM	0,600933667	E_COLI	CL_A	0,586310037
K	IET	0,394102875	E_COLI	P	0,665354544
K	COL_TOT	0,216450592	E_COLI	N	0,644621833
K	E_COLI	0,706272632	CL_A	P	0,839672079
K	CL_A	0,734047461	CL_A	N	0,850790394
K	P	0,91100891	P	N	0,947862934
K	N	0,817714151			

6.3. Da qualidade ambiental

Através da qualificação do ambiente (Tabelas 14 e 15) foi determinada a situação ambiental de cada trecho de coleta. Segundo as variáveis analisadas, o trecho alto foi o que apresentou maior pontuação, ou seja, o de melhor qualidade ambiental. Tal trecho ainda manteve uma constância ao longo do tempo em relação a sua pontuação, com todas as coletas apresentando 24 pontos. O trecho médio foi o seguinte na ordem de qualidade, embora sua pontuação tenha sido bem inferior ao alto e não tão constante (mediana de 12 pontos, sendo o trecho que mais variou). Por fim, com a menor pontuação em termos de qualidade ambiental e mediana de 10,5, o trecho baixo somou uma média de 10,75 pontos nas quatro coletas realizadas.

Tabela 14. Qualidade ambiental dos três trechos de coleta no Rio Lavapés, segundo modelo de avaliação de habitats de Callisto *et al.*, 2001. O = ótimo; SO = sub-ótimo; M = mediano; P = pobre.

Variáveis de habitat	ALTO				MÉDIO				BAIXO			
	Março	Junho	Agosto	Outubro	Março	Junho	Agosto	Outubro	Março	Junho	Agosto	Outubro
1	O	O	O	O	SO	SO	SO	SO	M	M	M	M
2	O	O	O	O	SO	M	M	SO	M	M	M	M
3	O	O	O	O	SO	M	P	M	SO	M	M	M
4	SO	SO	SO	SO	P	P	P	P	O	O	O	O
5	O	O	O	O	M	M	M	M	M	P	M	M
6	M	M	M	M	M	M	M	M	M	P	P	P
7	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
8	O	O	O	O	M	M	M	SO	SO	M	SO	SO
9*	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
10*	SO	SO	SO	SO	M	M	M	M	P	P	P	P
11*	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

* Média aritmética entre os resultados obtidos nas duas margens.

Tabela 6. Pontuação dos parâmetros ambientais em cada trecho de coleta do Rio Lavapés, levando em conta sua qualidade ambiental, segundo modelo de avaliação de habitats de Callisto *et al.*, 2001. O = ótimo; SO = sub-ótimo; M = mediano; P = pobre.

Pontuação						
Trecho	Coleta	O (3 pts)	SO (2 pts)	M (1 pto)	P (0 pts)	Total Média
Alto	Mar/24	3 x 6 = 18	2 x 2 = 4	1 x 2 = 2	0 x 2 = 0	24
	Jun/24	3 x 6 = 18	2 x 2 = 4	1 x 2 = 2	0 x 2 = 0	24
	Ago/24	3 x 6 = 18	2 x 2 = 4	1 x 2 = 2	0 x 2 = 0	24
	Out/24	3 x 6 = 18	2 x 2 = 4	1 x 2 = 2	0 x 2 = 0	24
						24
Médio	Mar/24	3 x 1 = 3	2 x 3 = 6	1 x 4 = 4	0 x 3 = 0	13
	Jun/24	3 x 1 = 3	2 x 1 = 2	1 x 6 = 6	0 x 3 = 0	11

	Ago/24	$3 \times 1 = 3$	$2 \times 1 = 2$	$1 \times 5 = 4$	$0 \times 4 = 0$	9
	Out/24	$3 \times 1 = 3$	$2 \times 3 = 6$	$1 \times 4 = 4$	$0 \times 3 = 0$	13
						11,5
Baixo	Mar/24	$3 \times 2 = 3$	$2 \times 3 = 6$	$1 \times 4 = 4$	$0 \times 3 = 0$	13
	Jun/24	$3 \times 2 = 3$	$2 \times 0 = 2$	$1 \times 4 = 4$	$0 \times 5 = 0$	9
	Ago/24	$3 \times 2 = 3$	$2 \times 1 = 2$	$1 \times 4 = 4$	$0 \times 4 = 0$	9
	Out/24	$3 \times 2 = 3$	$2 \times 1 = 2$	$1 \times 4 = 4$	$0 \times 4 = 0$	12
						10,75

7. DISCUSSÃO

7.1. Da ictiofauna

O aumento da riqueza de espécies associado à melhoria da qualidade ambiental reforça a relação entre disponibilidade de habitats e biodiversidade, como apontado por Harrel *et al.* (1967). Em muitos sistemas lóticos, os trechos superiores apresentam menor diversidade de habitats em comparação aos inferiores. Nos riachos tropicais, tal padrão tem sido atribuído por diversos autores (Caramaschi, 1986; Garutti, 1988; São Thiago, 1990; Uieda & Barretto, 1999) ao incremento na heterogeneidade de habitats, a qual está associada principalmente a um aumento na disponibilidade de abrigos e na vazão, e a uma diminuição das flutuações ambientais.

No presente estudo, porém, observou-se uma redução na riqueza de espécies no sentido montante-jusante do rio — com 10 espécies no trecho alto e 8 no baixo —, o que contraria a tendência geralmente observada em rios neotropicais em que a riqueza de espécies aumenta da cabeceira em direção à foz (Bennemann *et al.*, 1995; Garutti, 1988). Tal desvio de padrão muito provavelmente está relacionado à baixa qualidade de água do trecho inferior do rio, condição que pode atuar como fator limitante para a ocorrência de determinadas espécies, enquanto favorece àquelas mais tolerantes a ambientes degradados.

Nesse contexto, *Poecilia reticulata*, espécie invasora altamente resistente a alterações ambientais, demonstrou enorme abundância no ponto do baixo curso do Rio Lavapés. *P. reticulata* é uma das espécies de peixes de água doce mais amplamente introduzidas no mundo, com populações bem estabelecidas em regiões tropicais e subtropicais de todos os continentes (Deacon *et al.*, 2011). Tal cenário se deve ao interesse aquarístico em torno da espécie — o macho é considerado ornamental devido à sua coloração chamativa — e a intervenções relacionadas ao controle biológico de larvas de mosquito (Stockwell e Henkanaththegedara, 2011).

Os poecilídeos, de forma geral, são excelentes espécies colonizadoras, capazes de ocupar microhabitats degradados em que poucas outras espécies conseguem se estabelecer (Araújo *et al.*, 2009). A família Poeciliidae caracteriza-se por um dimorfismo sexual marcante, em que as fêmeas geralmente são maiores que os machos, e pela viviparidade. A fecundação é interna, e uma única

fêmea grávida pode fundar uma nova população inteira, devido à capacidade de armazenar esperma de múltiplos parceiros por vários meses, o que permite a produção de ninhadas consecutivas sem necessidade de novas cópulas (Zane *et al.*, 1999). Menezes & Caramaschi (1994) relataram um longo período reprodutivo nesse grupo, atribuindo essa estratégia a uma adaptação biológica frente a condições ambientais instáveis.

Não obstante, os poecilídeos apresentam elevada adaptabilidade alimentar, o que lhes permite sobreviver mesmo em ambientes degradados, onde recursos tróficos de baixa qualidade predominam (Casatti *et al.*, 2009). Seus hábitos detritívoros, aliados à alta tolerância térmica e à salinidade, favorecem a manutenção de populações mesmo em habitats degradados (Moyle & Cech, 2003).

Nesse sentido, o valor de dominância do ponto baixo foi alto devido à enorme abundância de *P. reticulata*, e o baixo valor de equitabilidade nesse trecho reforça o resultado de dominância. Por sua vez, *P. harpagos*, poecilídeo nativo com ampla ocorrência natural em bacias hidrográficas da região Sudeste-Sul do Brasil, destacou-se pela sua grande abundância no alto curso do Rio Lavapés. No entanto, o valor de dominância não foi tão alto quando o do trecho baixo, tanto devido a menor abundância quando comparado a *P. reticulata*, quanto a presença de outras espécies com valores mais altos de abundância (lambaris e siluriformes), justificando o alto valor de equitabilidade.

Nota-se a dominância de *P. harpagos* no ponto alto, com poucos indivíduos de *P. reticulata*, em contraposição à dominância de *P. reticulata* no ponto baixo, com poucos indivíduos de *P. harpagos*. A distribuição diferenciada entre as duas espécies segue o padrão encontrado em pesquisa de Araújo *et al.*, 2009, realizado no Rio Paraíba do Sul (RJ), em que a abundância de *P. reticulata* destacou-se no trecho coletado mais poluído. Como os próprios autores citam, tal distribuição diferenciada é difícil de explicar, sendo necessários testes mais detalhados, incluindo bioensaios, para melhor compreensão da influência da qualidade da água na distribuição das espécies. Até o momento, uma indicação de interação negativa entre *Phalloceros* e *Poecilia* foi relatada por Aranha e Caramaschi (1999), que sugeriram que a simpatria entre *Phalloceros* e *Poecilia* resultou em prejuízo para a primeira espécie, visto que ambas possuem dietas semelhantes.

Após *P. reticulata*, *Corydoras aeneus* e *Hypostomus ancistroides*, respectivamente, foram as espécies mais abundantes do trecho baixo. *C. aeneus* utiliza o intestino posterior para a respiração aérea (Kramer & McClure, 1980), o que está relacionado a uma maior abundância relativa desta espécie em riachos pobres em oxigênio dissolvido (Casatti *et al.*, 2009). *H. ancistroides*, por sua vez, possui hábito alimentar detritívoro em locais alterados (Oliveira & Bennemann 2005) - embora normalmente se alimente de algas (Britski, 1972) - e a capacidade de respirar oxigênio do ar devido a trocas gasosas no estômago (Py-Daniel, 1984; Schmidt-Nielsen, 1999). Tais características também o colocam em uma posição de vantagem em ambientes alterados, que são assoreados e que possuem

baixas concentrações de oxigênio dissolvido. Assim, ambas apresentam respiração aérea facultativa, sendo capazes de sobreviver em ambientes hipóxicos.

Como o esforço amostral para o trecho médio diferiu dos demais, devido à utilização de covos durante as quatro coletas e à utilização da peneira apenas durante a última coleta, não foi possível comparar os atributos dos peixes nele coletados com os demais trechos. Apenas levando em consideração o esforço de outubro, o trecho médio apresenta o que parece ser uma transição entre as assembleias de peixes do trecho alto e do baixo. Todas as espécies coletadas no ponto médio estão também presentes no baixo, sendo que a espécie invasora *P. reticulata* também se destacou pela sua grande abundância. No entanto, o desequilíbrio entre o número de indivíduos de *P. reticulata* e o das demais espécies não é tão pronunciado quanto o observado no ponto baixo do rio.

Em pesquisa anterior realizada por Luvisotto *et al.* (2008), na Represa Jorge Jim, da Escola do Meio Ambiente de Botucatu, foram notificadas as quatro seguintes espécies de peixes: *Astyanax scabripinnis*, *Hoplias malabaricus*, *Phalloceros caudimaculatus* e *Tilapia rendalli*. Destaca-se, porém, que o objetivo do estudo era voltado à educação ambiental, e não a um inventário de ictiofauna. Ainda assim, por se tratar da única pesquisa anterior envolvendo os peixes do Rio Lavapés, optou-se por mencioná-la neste trabalho.

A. scabripinnis trata-se de um complexo de espécies crípticas da ordem dos Characiformes (Moreira-Filho & Bertollo, 1991). A pesquisa de Luvisotto *et al.* (2008) não especifica a que subespécie do complexo *A. scabripinnis* os indivíduos coletados pertencem. Dado que o presente trabalho teve *P. paranae* como uma das espécies identificadas, há uma grande chance de que os indivíduos do complexo *A. scabripinnis* coletados por Luvisotto *et al.* (2008) pertencessem a essa espécie. No entanto, o trabalho não possui fotos dos peixes amostrados e nem descrições taxonômicas das espécies, dificultando uma confirmação de tal informação.

As espécies *Hoplias malabaricus* e *Tilapia rendalli* não foram registradas na presente pesquisa. Popularmente conhecida como “traíra”, *H. malabaricus* ocorre em todas as bacias hidrográficas da América do Sul, com exceção da região transandina e dos rios da Patagônia (Fowler, 1950). Trata-se de uma espécie adaptada a ambientes lênticos, tolerante a ambientes pouco oxigenados, e com hábito ictiófago na fase adulta (Paiva, 1974).

Já *Tilapia rendalli* possui alta tolerância à salinidade e rápida taxa reprodutiva, com cuidado biparental. Enquanto os juvenis alimentam-se predominantemente de plâncton, os adultos são onívoros, consumindo algas, plantas e invertebrados, como insetos e microcrustáceos (BRASIL, 2022). Originária da África, foi trazida para o Brasil na década de 50, entre 1950 e 1952, com o objetivo de combater plantas aquáticas que estavam entupindo turbinas de hidrelétricas, instaladas no Estado de São Paulo. O controle não foi bem-sucedido e a rusticidade da espécie aliada à

capacidade reprodutiva a posicionou como uma espécie invasora, com ocorrência em todo o território nacional. Tem preferência por ambientes lênticos, assim como a traíra (BRASIL, 2022). Assim, a ausência de ambas as espécies na amostragem do presente estudo pode ser explicada pelo fato de que a pesquisa não incluiu ambientes lênticos como reservatórios, preferenciais para essas espécies.

Segundo Lucinda (2008), a espécie *Phalloceros caudimaculatus* encontra-se distribuída no Sistema Laguna dos Patos, Baixo Rio Uruguai, drenagem do Rio Tramandaí, Rio Mampituba e drenagens da costa do Uruguai e Argentina, enquanto a espécie *P. harpagos* concentra-se na Bacia do Rio Paraná-Paraguai e bacias costeiras do Espírito Santo a Santa Catarina. Em estudo de Thomaz *et al.* (2019), em que se analisou as relações de distribuição geográfica, fenótipo e filogenia dentre o gênero *Phalloceros*, foi identificado morfologicamente que os machos de *P. caudimaculatus* não apresentam gancho em seu gonopódio, ao contrário de *P. harpagos*, que apresenta dois ganchos no gonopódio, tal qual os *Phalloceros* por coletados na presente pesquisa.

Assim, não é possível determinar de forma conclusiva se a diferença observada é resultado de uma mudança na fauna local ou de variações na identificação taxonômica. Contudo, considerando a distribuição conhecida das espécies, é mais plausível que *Phalloceros harpagos* ocorra na área em questão do que *P. caudimaculatus*.

Por fim, destaca-se que o estudo de Luvisotto *et al.* (2008) não informa o número total de espécies capturadas, o que inviabiliza análises e comparações mais aprofundadas, como noções de abundância, diversidade e dominância.

Ao se somarem à riqueza do Rio Lavapés as duas espécies adicionais registradas por Luvisotto *et al.* (2008) – *H. malabaricus* e *T. rendalli* –, o número total sobe para 14. No entanto, quando comparado ao Rio Capivara, a diferença na riqueza de espécies de peixes de ambos os rios é evidente: em trabalho realizado por Uieda & Barreto (1999), 26 espécies de peixes foram amostradas no Rio Capivara, distribuídas em 12 famílias e 4 ordens. O trabalho teve como pontos de amostragem quatro trechos do rio, entre agosto/92 a junho/93. Em pesquisa mais recente, realizada por Lima (2024), 37 espécies foram notificadas, de 15 diferentes famílias e 5 ordens.

Tal diferença drástica pode ser explicada por três motivos: a diferença na drenagem dos rios, esforço amostral diferenciado entre os trabalhos realizados e contextos de paisagem distintos a que os rios fazem parte. Primeiramente, o Rio Capivara possui aproximadamente o dobro de área de drenagem do que o rio Lavapés - 21.912 hectares x 10.670 hectares (Araújo Júnior, 2002; Campos *et al.*, 1998). Mesmo que os rios apresentem nascentes próximas e desaguem praticamente juntos na Represa de Barra Bonita, a diferença no volume de água e porte dos rios pode influenciar a riqueza de espécies observada em cada um. Maiores rios fornecem maior heterogeneidade de habitats e estabilidade do fluxo, o que tende a estar relacionado com uma maior biodiversidade (Rahi *et al.*,

2020).

Destaca-se, ainda, a diferença nos esforços amostrais realizados nos estudos citados. Este projeto contou com quatro campanhas de coleta em três diferentes trechos do rio Lavapés. Em comparação, o trabalho de Uieda & Barretto (1999) executou seis campanhas distribuídas em quatro pontos do Rio Capivara. Já o estudo de Lima (2024) realizou quatro campanhas em cinco trechos distintos, sendo o quinto ponto localizado nas proximidades da confluência do Rio Capivara com o Rio Tietê, área sob influência direta da Represa de Barra Bonita.

No entanto, explicitadas às diferenças acima, a maior distinção entre os rios Lavapés e Capivara está no contexto em que cada um deles está imerso. A Bacia do Rio Capivara apresenta mais de 70% de sua área ocupada por pecuária extensiva, plantação florestal, laranja e cana-de-açúcar (Carrega *et al.*, 2014), sendo um rio essencialmente rural.

O Rio Lavapés, em contrapartida, nasce em meio urbano, com sua principal nascente represada (Represa Jorge Jim, localizada dentro da Escola do Meio Ambiente). É interessante pontuar que a Escola do Meio Ambiente se consolidou como a principal responsável pela preservação das nascentes Rio Lavapés, bem como dos remanescentes de floresta e cerrado encontrados ao seu redor. A construção da represa se deu por volta de 1917, muito antes da criação da EMA, e recebeu o nome de “Jorge Jim” apenas em 2012, através da Lei Municipal nº. 5.356, de 17 de abril de 2012. Jorge Jim foi um docente do Departamento de Zoologia da UNESP/Botucatu e coordenador das pesquisas de fauna na área da Escola do Meio Ambiente, trabalhando principalmente com anfíbios.

A seguir, o rio percorre grande parte de sua extensão através da cidade de Botucatu, com mata ciliar suprimida e fortes sinais de assoreamento (Cassinelli, 2022). De acordo com pesquisa realizada por Santos *et. al*, as Áreas de Preservação Permanente (APPs) da Bacia Hidrográfica do Rio Lavapés somam 1.721,80 ha. Do total, 69,09% das APPs estão em conflito de uso, segundo a Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei nº 12.651/2012), o que representa um valor de 1.189,65 ha com ausência de cobertura de mata ciliar. Das classes de cobertura do solo presentes na Bacia do Rio Lavapés, a classe com maior conflito foi representada pela Zona Urbana, com 387,12 ha, que corresponde a 22,48% da área total de APPs da bacia (Santos *et. al*, 2014).

Após percurso urbano, o rio adentra áreas de pastagens e produção agrícola (Fig. 10), seguida de áreas de várzea, até alcançar, finalmente, a Represa de Barra Bonita.

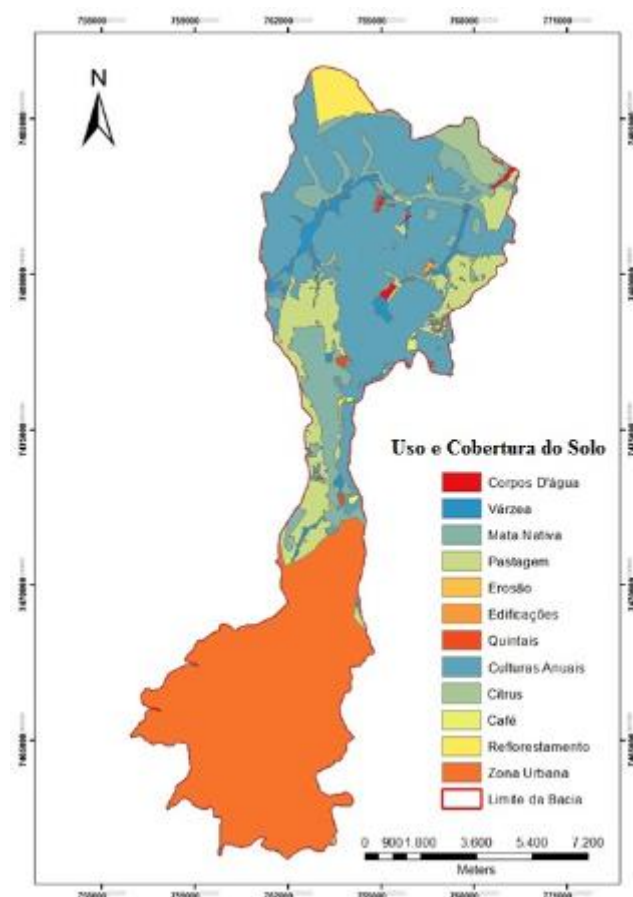


Figura 10. Mapa de uso e cobertura do solo da Bacia do Rio Lavapés, município de Botucatu (SP). (Fonte: Santos *et al.*, 2014).

Em relação às atividades de repesque realizadas no Rio Lavapés, não foram encontradas informações oficiais sobre as espécies utilizadas. A Secretaria Municipal do Meio Ambiente foi contatada, mas não localizou registros sobre o repovoamento. Uma matéria publicada pelo Acontece Botucatu (2014) informa que “pacu, lambari e curimatá foram algumas das espécies entre os 12 mil alevinos soltos no Rio Lavapés”. Nomes populares são genéricos e abrangentes, impossibilitando a identificação precisa das espécies soltas. No entanto, a ausência de exemplares da família Serrasalminidae (pacus) e da família Prochilodontidae (curimatás) nas coletas realizadas sugere que essas espécies não se estabeleceram no ambiente.

É provável que a escolha das espécies tenha priorizado o valor comercial e recreativo em detrimento de critérios ecológicos, já que diversas espécies de pacu, lambari e curimatá são amplamente apreciadas tanto na alimentação humana quanto na pesca. Além disso, pacus e curimatás são peixes típicos de grandes rios, e não costumam ocorrer naturalmente em riachos de pequeno porte, como o Lavapés — o que pode ter contribuído para o insucesso do estabelecimento dessas espécies.

7.2. Da qualidade de água

O baixo trecho do rio demonstrou uma baixíssima qualidade de água, muito inferior que a dos demais pontos. Um gradiente crescente de coliformes termotolerantes, condutividade elétrica, *E. coli*, nutrientes e sólidos totais, da nascente à foz, indica uma queda na qualidade de água do rio conforme ele recebe a influência urbana da cidade de Botucatu. Os valores crescentes de coliformes termotolerantes, condutividade elétrica, fósforo total e nitrogênio total são corroborados por pesquisa de dos Reis, 2009.

Um estudo realizado por Valente *et al.* (1997), anterior à implantação do sistema de coleta e tratamento de esgoto da cidade, demonstrou um gradiente de condutividade elétrica, fósforo e nitrogênio crescente de ponto localizado na nascente do rio a ponto localizado próximo à foz. Surpreendentemente, os resultados de condutividade elétrica encontrados foram menores do que os encontrados no presente trabalho. Valente *et al.* (1997) encontrou em ponto na nascente a média de 23 mS/cm, enquanto a foz permaneceu com a média de 138,7 mS/cm, medidas estas realizadas durante a estação seca. No presente trabalho o ponto do alto curso do rio ficou com uma média de 66,25 mS/cm, enquanto a do ponto baixo foi de 333,25 mS/cm.

A diferença observada nos trechos do alto curso do rio pode estar relacionada à localização específica dos pontos de coleta. O trabalho de Valente *et al.* (1997) foi realizado diretamente na nascente do rio, enquanto neste estudo o ponto de coleta situa-se aproximadamente 2 km à jusante. Tal diferença espacial é relevante, uma vez que a água coletada na nascente tende a apresentar melhor qualidade por ainda não ter sofrido influência significativa de fontes antrópicas. Após esse percurso inicial, o rio pode começar a receber cargas difusas oriundas do uso e ocupação do solo em seu entorno, ainda que em baixa intensidade.

Não há informações disponíveis sobre as coordenadas do ponto de coleta na foz do rio utilizada por Valente *et al.* (1997). No entanto, considerando que o artigo trata da contribuição da cidade de Botucatu com nutrientes para a Represa de Barra Bonita, é provável que o ponto estivesse situado próximo à confluência com a represa. Assim, espera-se um valor de condutividade menor do que aquele observado no ponto baixo deste estudo, uma vez que a água, ao percorrer um trajeto mais longo e com especial desnível de atitude - devido à formação geológica regional de cuevas - pode passar por processos naturais de autodepuração (Andrade, 2010).

Como comprovado por Valente *et al.* (1997) e por outros autores (dos Reis, 2009; Moretto & Nogueira, 2003; Oliveira, 2009), o despejo de esgoto no Rio Lavapés não apenas inviabiliza o uso de suas águas para fins mais restritivos, como contribui para a degradação e eutrofização da Represa de Barra Bonita. As cargas de matéria orgânica e nutrientes exportadas pelo rio intensificam o processo de enriquecimento artificial da represa e, conseqüentemente, do próprio Rio Tietê. No reservatório, a eutrofização decorre do aporte contínuo de esgotos domésticos e industriais, bem

como do uso de fertilizantes químicos aplicados nos cultivos agrícolas distribuídos ao longo da bacia hidrográfica (Belluta *et. al*, 2020).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05, não há limite estabelecido para fósforo total em rios de classe 4, enquanto para rios de classe a concentração máxima permitida é de 0,15 mg/L. O Rio Lavapés apresentou valores significativamente elevados de fósforo no trecho baixo, com uma média de 0,5606 mg/L ao longo do ano. Para o trecho alto (0,0119 mg/L) e médio (0,077 mg/L) os valores ficaram abaixo do limite.

As concentrações de nitrogênio foram de 32 a 98 vezes maiores do o que a de fósforo ao longo do rio (98 vezes maior para o alto, 43 vezes para o médio e 32 baixo). De acordo com Pérez (2003) a quantidade de fósforo é muito menor em comparação com o do nitrogênio, mas os seus efeitos sobre a eutrofização são maiores, pois quantidades muito pequenas podem estimular intensamente o crescimento do fitoplâncton e afetar significativamente a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas aquáticos. Os trechos médio e baixo ultrapassaram os limites de concentração de nitrogênio de um corpo d'água classe 3, enquanto o trecho alto manteve-se abaixo - com exceção da coleta de junho, devido ao alto valor de pH da água.

Segundo Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, “o lançamento de efluentes não poderá conferir ao corpo receptor características em desacordo com as metas intermediárias ou com a classe em que for enquadrado, conforme disposto na Resolução CONAMA nº 357/2005”. Nesse sentido, considerando que o trecho baixo está enquadrado como classe 4 — a categoria menos restritiva quanto à qualidade da água —, os resultados obtidos reforçam sua atual classificação. Os trechos alto e médio também se enquadram dentro da classe 3, com a exceção dos limites de nitrogênio, que foram excedidos em todas as coletas para o trecho médio e na de junho para o alto.

7.3. Da qualidade ambiental

O protocolo de Callisto *et al.* (2001), modificado de Hannaford *et al.* (1997), demonstrou limitações em representar com precisão as particularidades dos trechos analisados do Rio Lavapés; em diversos parâmetros, as categorias propostas não contemplaram adequadamente características naturais ou específicas dos pontos analisados.

Em relação aos tipos de fundo (1), o trecho alto recebeu pontuação máxima, devido à presença de mais de 50 % de habitats diversificados. No entanto, fora a presença de areia, fragmentos de madeira e rochas, destaca-se a presença de grandes blocos de concreto e pedaços de metal. Acima do trecho em questão havia uma ponte que desabou sobre o rio, e seus restos ainda se encontram na água e nas margens do rio (Fig. 11a e 11b).

Ainda relacionado ao parâmetro 1, o trecho médio, pontuado como sub-ótimo, apresenta a maior parte do fundo estável, porém não diversificado, pelo fato de naturalmente ser uma área de

substrato rochoso (afloramento basáltico). Assim, faz sentido que não haja grande diversificação de habitats em relação aos tipos de fundo do trecho, sendo está uma característica esperada do ambiente em questão. No entanto, o trecho apresenta certo grau de assoreamento em suas margens e algumas alterações por erosão. Dessa forma, o trecho médio não se encaixou devidamente em nenhuma das pontuações propostas pelo protocolo, sendo caracterizado como sub-ótimo pelo seu substrato rochoso natural e pelos sinais de assoreamento e erosão em alguns pontos (Fig. 12a).

Novamente, o parâmetro 8, relacionado às características do fluxo das águas, não tem uma opção representativa para o ponto médio. O ponto é composto por corredeiras rasas em que o substrato fica exposto, sendo está uma condição que o protocolo pontua como “mediana”, embora seja natural do ambiente. Ainda, após as corredeiras, o rio se torna profundo, com aproximadamente 2 metros de profundidade (Fig. 12b), o que dificulta a caracterização do ambiente em questão.

Em relação aos parâmetros 9 e 11, todos os trechos foram classificados com a pontuação mais baixa. Não há vegetação ripária nativa em nenhum deles (9), assim como a vegetação marginal que, quando presente, não passa de poucos metros de largura (11). Ainda assim, há diferenças em relação à vegetação que está em volta de cada trecho que não são representadas pelo protocolo.

No trecho alto, por exemplo, um descampado tomado pelo que parece ser capim-gordura cerca o rio (*Melinis minutiflora* P. Beauv), havendo assim bastante vegetação pendente sobre o curso d'água, embora seja proveniente de uma espécie invasora (Fig. 11). No trecho médio, uma das margens apresenta um bambuzal plantado, de bambus amarelos exóticos (Fig. 12c), enquanto a outra apresenta um solo exposto com algumas árvores, uma inclusive com as raízes tão expostas que parece prestes a tombar sobre o rio (Fig. 12d). No trecho baixo, por fim, a margem direita apresenta vegetação ripária não-nativa (aparente domínio de capim-napiê, também), enquanto a margem esquerda apresenta menos de 3 metros de largura de vegetação remanescente.



Figura 11. Fragmentos de ponte que desabou sobre o rio e capim-napiê crescendo em suas margens, ponto A, Rio Lavapés.
11a) Margem esquerda. 11b) Margem direita.



Figura 12. Fisionomia e caracterização do ponto médio, Rio Lavapés. 12a) Sinais de erosão visíveis na margem direita do rio. 12b) Diferença de profundidade abrupta do ponto. 12c) Plantação de bambus amarelos nas margens do rio. 12d) Árvore tombando sobre o rio.

Ademais, soma-se às limitações acima apresentadas o caráter subjetivo do protocolo. Os parâmetros não contam com descrições bem definidas ou imagens comparativas, o que pode gerar interpretações distintas entre observadores e dificultar a padronização das análises em campo. Como o próprio Hannaford examina em seu trabalho: a classificação da qualidade do habitat de um local por um observador, comparando características visuais específicas do habitat com descrições escritas, depende fortemente do treinamento do avaliador. O treinamento dos observadores configura-se como parte crucial da implementação de avaliações de habitats baseadas em recursos visuais.

Sem descrições mais detalhadas e especificações do que cada parâmetro representa — ou imagens que permitam comparar o que o autor propôs com o que o avaliador encontra em campo — a padronização e a confiabilidade dessas avaliações tornam-se de difícil alcance. Vale ressaltar, por fim, que o protocolo proposto por Hannaford *et al.* (1997), teve como base córregos do Estados Unidos, que diferem em muito dos riachos tropicais.

Riachos tropicais normalmente recebem chuvas mais intensas e maior insolação solar ao longo do ano. Assim, demonstram temperaturas mais elevadas (e estáveis) e maior ocorrência de inundações do que os riachos temperados. Também abrigam maior biodiversidade do que seus equivalentes temperados para a maioria dos táxons (Boulton *et al.*, 2008). Por fim, grande parte dos processos ecológicos também diferem entre riachos das duas regiões; Dudgeon *et al.* (2010), por exemplo, argumenta sobre como modelos de cadeias alimentares baseados em riachos temperados não são adequados para descrever adequadamente os sistemas tropicais, devido a diferenças marcantes nas estruturas tróficas das regiões.

Resumidamente, o protocolo apresentou limitações tanto em relação a sua capacidade de caracterizar ambientes com particularidades físicas e antrópicas tão marcantes quanto os do rio Lavapés, tanto em relação à sua compreensão e devida aplicação. Assim, mesmo que os valores encontrados corroborem com os resultados dos peixes e da qualidade da água em relação a um melhor estado de preservação no trecho alto do rio, intermediário no médio e pior no baixo, o protocolo de avaliação rápida de Callisto *et al.* (2001), modificado de Hannaford *et al.* (1997), não se mostrou devidamente adequado para aplicação no Rio Lavapés.

8. CONCLUSÃO

O despejo de esgoto do município de Botucatu no Rio Lavapés, mesmo que tratado, demonstra grande impacto sobre sua ictiofauna e qualidade de água. O rio passa por uma degradação crescente, da nascente à foz, dado que percorre a cidade de Botucatu, onde recebe grande influência urbana, para então receber os efluentes de esgoto do município. A gradual queda das qualidades de água e ambiental acompanham não apenas uma queda no número das espécies de peixes do rio, mas também vem acompanhadas de um grande desequilíbrio ecológico entre elas, causada principalmente pela espécie invasora *P. reticulata*, que domina o ponto baixo.

Quando comparado ao Rio Capivara, com 37 espécies catalogadas e qualidade de água excelente, fica claro o que um dia o Rio Lavapés, que atualmente conta com 14 espécies de peixes e uma degradação crescente ao longo de seu curso, pode ter sido. São necessários esforços mais efetivos em relação a políticas públicas, especialmente aquelas que se referem ao saneamento básico, para que o rio possa recuperar sua saúde. Ressalta-se também a necessidade da reconstituição e proteção

de áreas de preservação permanente.

9. APRESENTAÇÕES EM EVENTOS CIENTÍFICOS

A presente pesquisa foi apresentada, no formato de comunicação oral, em janeiro de 2025 no Encontro Brasileiro de Ictiologia – Palmas, Brasil.

A pesquisa também foi apresentada, no formato de apresentação de banner, no Encontro da Biologia, ocorrido em junho de 2025 – Botucatu, Brasil.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACONTECE BOTUCATU. Repovoamento de peixes é feito no rio Lavapés, 2014. Acontece Botucatu. Disponível em: <<https://acontecebotucatu.com.br/geral/repovoamento-de-peixes-e-feito-no-rio-lavapes/>>. Acesso em: 9 jul. 2025.

ALVES, C. B. M. Peixamento: benefícios e controvérsias de uma técnica de manejo. *Ação Ambiental*, n. 39, p. 31-34, 2008.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. BAIRD R. B.; EATON A. D.; RICE E. W. (eds). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington: American Public Health Association. 23rd ed., 1546pp., 2017.

ANDRADE, L. N. de. Autodepuração dos corpos d'água. *Revista da Biologia*, São Paulo, v. 5, p. 16–19, 2010.

ARANHA, J. M. R.; CARAMASCHI, É. P. Estrutura populacional, aspectos da reprodução e alimentação dos Cyprinodontiformes (Osteichthyes) de um riacho do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 16, n. 1, p. 637-651, 1999.

ARAÚJO, F. G.; PEIXOTO, M. G.; PINTO, B. C. T.; TEIXEIRA, T. P. Distribution of guppies *Poecilia reticulata* (Peters, 1860) and *Phalloceros caudimaculatus* (Hensel, 1868) along a polluted stretch of the Paraíba do Sul River, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 69, n. 1, p. 41-48, 2009. 10.1590/S1519-69842009000100006

ARAÚJO JÚNIOR, A. A.; CAMPOS, S.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G. Diagnóstico físico conservacionista de 10 microbacias do Rio Capivara – Botucatu (SP), visando o uso racional do solo. *Irriga*, v. 7, n. 2, p. 106–121, 2002.

ARAUJO, F. G.; FICHBERG, I.; PINTO, B. C. T.; PEIXOTO, M. G. A Preliminary Index of Biotic Integrity for Monitoring the Condition of the Rio Paraíba do Sul, Southeast Brazil. *Environmental Management*, v. 32, n. 4, p. 516–526, 2003. 10.1007/s00267-003-3003-9.

BELLUTA, I.; VIEIRA, J. C. S.; RALL, V. L. M.; OLIVEIRA, V. A.; DOYAMA, J. T. CAPACIDADE DE RESILIÊNCIA DE UM RIO URBANO E SUAS IMPLICAÇÕES NO

- DESENVOLVIMENTO URBANO DO MUNICÍPIO DE BOTUCATU (SP). *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 9, p. 119–143, 2020.
- BENNEMANN, S. T.; SILVA-SOUZA, A. T.; ROCHA, G. R. A. Composición ictiofaunística en cinco localidades de la cuenca del rio Tibagi, PR – Brasil. *Interciencia*, Caracas, v. 20, n. 1, p. 7–13, 1995.
- BOULTON, A. J., BOYERO, L., COVICH, A. P., DOBSON, M., LAKE, S., & PEARSON, R. Are Tropical Streams Ecologically Different From Temperate Streams?. *Tropical stream ecology*. Academic Press, p. 257-284, 2008.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Espécies exóticas invasoras de águas continentais no Brasil*. Brasília: MMA, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/biodiversidade1/aguas_continentais_final.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2025.
- BURGUESS, W. E. *An atlas of freshwater and marine catfishes: a preliminary survey of the Siluriformes*. EUA: T.F.H. Publications Inc., 1989.
- CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. *Rev. Bras. Rec. Hidr*, v. 6, n. 1, p. 71-82, 2001.
- CÂMARA MUNICIPAL DE BOTUCATU. Projeto De Lei Nº. 013, de 2 de março de 2016. Institui no Município de Botucatu o “Dia do Ribeirão Lavapés”. Disponível em: <<https://botucatu.siscam.com.br/arquivo?Id=82415>>. Acesso em: 25 jan. 2024.
- CÂMARA MUNICIPAL DE BOTUCATU. Projeto De Lei Nº. 057, de 10 de setembro de 2021. Autoriza o Poder Executivo Municipal a contratar operação de crédito com a CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, e dá outras providências. Disponível em: <<https://consulta.siscam.com.br/camarabotucatu/arquivo?Id=114284>>. Acesso em: 25 jan. 2024.
- CAMPOS, S.; CARDOSO L. G.; BARROS Z. X.; JÚNIOR A. A. A.; RIBEIRO F. L.; CASTRO T. M. R. Gestão e controle ambiental: evolução do uso da terra na bacia do Rio Lavapés (Botucatu, SP) por um período de 27 anos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 2, n. 1, p. 103-106, 1998.
- CARAMASCHI, E. P. *Distribuição da Ictiofauna de Riachos das Bacias do Tietê e do Paranapanema Junto ao Divisor de Águas (Botucatu, SP)*. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 245 p., 1986.
- CARREGA, E. F. B.; CAMPOS, S.; NARDINI, R. C.; GARCIA, Y. M.; FELIPE, A. C. Diagnóstico de potencialidade das unidades ambientais da bacia do Rio Capivara, Botucatu (SP). *Caminhos de Geografia*, v. 16, n. 53, p. 1–14, 2015. 10.14393/RCG165323180

- CASTRO, M. N; CASTRO R. M.; SOUZA P. C. A importância da mata ciliar no contexto da conservação do solo. *Revista Eletrônica De Educação Da Faculdade Araguaia*, Araguaia (MG), v. 4, n. 4, p. 230-241, 2013.
- CASTRO, R. M. C; CASATTI, L; SANTOS H. F; FERREIRA K. M; RIBEIRO A. C; BENINE R. C; DARDIS G. Z. P; MELO A. L. A; STOPIGLIA R; ABREU T. X; BOCKMANN F. A; CARVALHO M, GIBRAN F. Z; LIMA F. C. T. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos do Rio Paranapanema, sudeste e sul do Brasil. *Biota Neotropica*, v. 3, n. 1, p. 1-31, 2003.
- CASSINELLI, I. A. *A cidade e a morte dos rios: estudo sobre a degradação urbana e ambiental nos fundos de vale urbanizados de Botucatu*. Monografia (Iniciação Científica em Arquitetura e Urbanismo) – Centro Universitário Sagrado Coração (UNISAGRADO), Bauru, SP, 87 p., 2022 Disponível em: <<https://repositorio.unisagrado.edu.br/bitstream/handle/1198/1/A%20CIDADE%20E%20A%20MORTE%20DOS%20RIOS.pdf>> Acesso em: 11 jul. 2025.
- CASTRO R. M. C; CASATTI L; SANTOS H. F; VARI R. P; MELO A. L. A; MARTINS L. S. F; ABREU T. X; BENINE R. C; GIBRAN F. Z; RIBEIRO A. C; BOCKMANN F. A; CARVALHO M; PELICÃO G. Z. P; FERREIRA K; STOPIGLIA R; AKAMA A. Structure and composition of the stream ichthyofauna of four tributary rivers of the upper Rio Paraná Basin, Brazil. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, v. 16, n. 3, p. 193–214, 2005.
- CASATTI, L.; FERREIRA, C. P.; CARVALHO, F. R. Grass-dominated stream sites exhibit low fish species diversity and dominance by guppies: An assessment of two tropical pasture river basins. *Hydrobiologia*, v. 632, p. 273–283, 2009. 10.1007/s10750-009-9849-y
- CETESB. Apêndice D - Índices de Qualidade das Águas, 2019. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2019/10/Ap%C3%AAndice-D_-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2024.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 274, 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/01/RESOLU%C3%87%C3%83O-CONAMA-n%C2%BA-274-de-29-de-novembro-de-2000.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2025.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio

Ambiente-CONAMA. Disponível em: <
https://www.suape.pe.gov.br/images/publicacoes/CONAMA_n.430.2011.pdf>. Acesso em:
11 jul. 2025.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Publicada no Diário Oficial da União nº 92, de 16 de maio de 2011, página 89. Dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, complementando e alterando a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em:

CRAIG J. M; MALABARBA L. R; CRAMPTON W. G. R; ALBERT J. S. Revision of banded knifefishes of the *Gymnotus carapo* and *G. tigre* clades (Gymnotidae Gymnotiformes) from the southern neotropics. *Zootaxa*, v. 4379, n. 1, p. 47–73, 2018. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4379.1.3>

DEACON A.E.; RAMNARINE I. W.; MAGURRAN A. E. How reproductive ecology contributes to the spread of a globally invasive fish. *PLoS ONE*, v. 6, e24416, 2011. [10.1371/journal.pone.0024416](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0024416)

FERNANDES I. M; BASTOS Y. F; BARRETO D. S; LOURENÇO L. S; PENHA J. M. The efficacy of clove oil as an anaesthetic and in euthanasia procedure for small-sized tropical fishes. *Brazilian Journal of Biology*, v. 77, n. 3 p. 444–450, 2017. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.15015>

FOWLER, H. W. Os peixes de água doce do Brasil. *Archos Zool.* Est. S. Paulo, v. 6: 362-364, 1970.

FRANCO, J. R.; DAL PAI, E.; CALÇA, M. V. C.; RANIERO, M. R.; DAL PAI, A.; SARNIGHAUSEN, V. C. R.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M. Atualização da normal climatológica e classificação climática de Köppen para o município de Botucatu - SP. *Irriga*, v. 28, n. 1, p. 77–92, 2023. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2023v28n1p77-92>.

FRICKE R.; ESCHMEYER W.; FONG J. D. *Catalog of fishes: Species by family/subfamily*, 2024. Disponível em:
<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>>. Acesso em: 20 fev. 2024.

GARUTTI, V. Distribuição longitudinal da ictiofauna em um córrego da região noroeste do Estado de São Paulo, Bacia do Rio Paraná. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 48, n. 4, p. 747-759, 1988.

GRALHÓZ G.; NOGUEIRA M. G. Eutrofização e contaminação crônica de um riacho de cuesta (Córrego Cintra) e a avaliação do sistema de tratamento de esgotos. *Eutrofização na América do Sul: Causas, consequências e tecnologias para gerenciamento e controle*, ed. 1, p. 119-

- 140, Internacional Institute of Ecology, 2006.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO (GOVSP). Botucatu atinge 100% de esgoto tratado. *Portal do Governo do Estado de São Paulo*, São Paulo, 2012. Disponível em: <<https://www.sp.gov.br/sp/canais-comunicacao/noticias/botucatu-atinge-100-de-esgoto-tratado>>. Acesso em: 9 jul. 2025.
- HARRELL, R. C.; B. J. DAVIS & T. C. DORRIS. 1967. Stream order and species diversity of fish in an intermittent Oklahoma stream. *Am. Midl. Nat.*, v. 80, n. 2 428-436.
- HANNAFORD, M. J.; BARBOUR, M. T. & RESH, V. H. Training reduces observer variability in visual-based assessments of stream habitat. *Journal of the North American Benthological Society*, v. 16, n. 4, p. 853-860, 1997.
- KRAMER, D. L.; MCCLURE, M. Aerial respiration in the catfish, *Corydoras aeneus* (Callichthyidae). *Canadian Journal of Zoology*, v. 58, n. 11, p. 1984-1991, 1980.
- LANGEANI F, CASTRO R. M. C; OYAKAWA O. T; SHIBATTA O. A; PAVANELLI C. S; CASATTI L. Diversidade da ictiofauna do alto Rio Paraná: composição atual e perspectivas futuras. *Biota Neotropica*, v. 7, n. 3, p. 1–17, 2007.
- LIMA, H. S. *Composição da ictiofauna do Rio Capivara, bacia do Rio Tietê, Botucatu, SP*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP, 41 p., 2024.
- LUCINDA P. H. F. Systematics and biogeography of the genus *Phalloceros* Eigenmann, 1907 (Cyprinodontiformes: Poeciliidae: Poeciliinae), with the description of twenty-one new species. *Neotropical Ichthyology*, v. 6, n. 2, p. 113–158, 2008.
- LUVISOTTO, G. M.; GABRIEL E. M. N.; DINIZ R. E. S. *Um novo olhar para a trilha da água: revelando a fauna da represa do Ribeirão Lavapés, Escola do Meio Ambiente, Botucatu – SP*. Relatório de Instrumentação (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2008.
- MACKERETH, F., HERON, J.; TALLING, J. F. *Water analysis: some revised methods for limnologists*. London: Freshwater Biological Association, p. 121, 1978.
- MARIANI P. & SILVA A. L. Uma cidade e um rio: Botucatu e o reenquadramento do Rio Lavapés. Assembleia Nacional da ASSEMAE (Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento) - *Saneamento Ambiental: políticas integradas com participação social*. XIX Exposição de Experiências Municipais em Saneamento, de 24 a 29 de maio de 2015.
- MEFFE, G. K.; SNELSON, F. F. *An ecological overview of poeciliid fishes*. Department of Biological Sciences. University of Central Florida, Orlando, 49 p., 1989.

- MENEZES, M. S.; CARAMASCHI, E. P. Características reprodutivas de *Hypostomus* grupo. *H. punctatus* (Osteichthyes, Siluriformes) no Rio Ubatiba, Maricá, RJ. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 54, n. 3, p. 503–513, 1994.
- MOREIRA-FILHO, O.; L. A. C. BERTOLLO. *Astyanax Scabripinnis* (Pisces, Characidae): A Species Complex. *Brazilian Journal of Genetics*, v. 14, p. 331-357, 1991.
- MORETTO, E. M.; NOGUEIRA, M. G. Physical and chemical characteristics of Lavapés and Capivara rivers, tributaries of Barra Bonita Reservoir (São Paulo – Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 15, n. 1, p. 27-39, 2003.
- MOYLE, P. B.; CECIL JR., J. J. Mulletts, silversides, flying fish, and killifish. In: *Fishes: An Introduction to Ichthyology*, cap. 21, 5. ed, Pearson Prentice Hall, p. 349–360, 2003.
- OLIVEIRA, D. C.; BENNEMANN, S. T. Ictiofauna, recursos alimentares e relações com as interferências antrópicas em um riacho urbano no sul do Brasil. *Biota Neotropica*, v. 5, n. 1, 2005.
- OLIVEIRA, P. C. R.; NOGUEIRA, M. G; SATORI, L. P. Differential environmental impacts on small and medium size rivers from center of São Paulo State, Brazil, and regional management perspectives. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 26, n. 4, p. 404-419, 2014.
- OTA, R. R; DEPRÁ G. C; GRAÇA W. J; PAVANELLI C. S. Peixes da planície de inundação do alto Rio Paraná e áreas adjacentes: revised, annotated and updated. *Neotropical Ichthyology*, v. 16, n. 2, p. 1–111, 2018. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170094>
- PAIVA M. P. Crescimento, alimentação e reprodução da traíra, *Hoplias malabaricus* (Bloch), no nordeste brasileiro. *Imprensa Universitária*, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1974.
- PÉREZ, G. R. Bioindicación de la calidad del agua en colombia. Medellín: *Imprenta Universidad de Antioquia*, 2003
- POLLO, R. A.; SILVA C. O. F.; RODRIGUES M. T.; CARDOSO L. G. Geotecnologias aplicadas ao manejo de bacias hidrográficas: O caso da bacia do Rio Lavapés em Botucatu (SP). *Bacias hidrográficas: fundamentos e aplicações*, cap. 3, p. 58-72, ANAP, 2018.
- PREFEITURA DE BOTUCATU. SABESP investe pesado para despoluição do Tietê, 2015. Disponível em: <<https://www.botucatu.sp.gov.br/portal/noticias/0/3/18358/sabesp-investe-pesado-para-despoluicao-do-tiete>>. Acesso em: 25 jan. 2024.
- RAHI, D. K.; SOOD, A.; KANWAL, B. S. Fish diversity and conservation status in relation to pollution of a himalayan river in India: evaluating the role of dominance indices and biotic indices. *Ecological Indicators*, v. 117, p. 106681, 2020.
- REIA L; SILVA G. S. C; GARCIA-AYALA J; VICENSOTTO A. M. P. F; BENINE R. C. Ichthyofauna of the Ribeirão Sucuri, a tributary of the Rio Tietê, upper Rio Paraná basin,

southeastern Brazil. *Check List*, v. 16, n. 3, p. 711-728, 2020.
<https://doi.org/10.15560/16.3.711>

DOS REIS, P. C. O. *Comunidade de macroinvertebrados bentônicos e qualidade da água e do sedimento das bacias hidrográficas dos rios Lavapés, Capivara, Araquá e Pardo, município de Botucatu (SP) e região*. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Zoologia) – Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP, 202 p., 2009.

ROSSO J. J; MABRAGAÑA E; GONZÁLEZ-CASTRO M; DELPIANI M. S; AVIGLIANO E; SCHENONE N, DÍAZ DE ASTARLOA J. M. A new species of the *Hoplias malabaricus* species complex (Characiformes: Erythrinidae) from the La Plata River Basin. *Cybium*, v. 40, n. 3, p. 199–208, 2016.

ROXO F. F; SILVA G. S. C; WALTZ B. T; MELO J. E. G. A new species of *hisonotus* (Siluriformes: Otothyrinae) from the upper Rio Paraná and Rio São Francisco Basins, Brazil. *Zootaxa*, v. 4109, n. 2, p. 227–238, 2016. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4109.2.7>

SABESP. 50 anos, p. 9, Vienaense, 2023. Disponível em:
<https://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/asabesp_doctos/sabesp50anos_digital.pdf>.
Acesso em: 30 jan. 2024.

SANTOS, M. R. dos; SILVA, E. D.; SOUZA, M. S. de; MARTINS, D.; ZUCARELI, V. Avaliação da adequação da ocupação do solo em áreas de preservação permanente (APPs) na sub-bacia do Ribeirão Lavapés, Botucatu, SP. *Irriga*, Botucatu, v. 19, n. 2, p. 333–344, 2014.

SÃO THIAGO, H. *Composição e distribuição longitudinal da ictiofauna do Rio Parati-Mirim (RJ) e período reprodutivo das principais espécies*. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 165 p., 1990.

SILVA, K. C. *Qualidade da água ao longo do Rio Capivara no município de Botucatu - SP*. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, SP, 70 p., 2007.

SILVA F. A.; TRAFICANTE, D.P.; NEVES, R.C.F.; FLORENTINO, A.O.; CHINELATO, F.C.S.; BICUDO, R.; VALENTE, J.P.S. Novo perfil de qualidade da água do Ribeirão Lavapés após tratamento do esgoto da cidade de Botucatu – SP. *XLVII Congresso Brasileiro de Química: Recursos Não Renováveis*, Natal (RN), 2007. Disponível em:
<<https://www.abq.org.br/cbq/2007/trabalhos/5/5-267-16.htm>>. Acesso em: 25 jan. 2024.

SIMÕES, L. B; CARDOSO L. G. USO DO SIG IDRISI NO PLANEJAMENTO REGIONAL EM BOTUCATU/SP. *Engenharia ecológica e agricultura sustentável: Exemplos de uso da metodologia energética-ecossistêmica*, cap. 21, 2003. Obra de divulgação científica,

- UNICAMP. Disponível em: < <https://www.unicamp.br/fea/ortega/livro/index.htm> >. Acesso em: 26 jan. 2024.
- STRICKLAND, J.D; PARSONS, T.R. A MANUAL OF SEAWATER ANALYSIS. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, n. 125, p. 1-185, 1960.
- STOCKWELL, C. A.; HENKANATHTHEGEDARA, S. M. (2011). Evolutionary conservation biology of poeciliids. In *Ecology and Evolution of Poeciliid Fishes*, ed. 1, p. 128–141, University of Chicago Press, 2011.
- THOMAZ, A. T.; CARVALHO, T. P.; MALABARBA, L. R.; KNOWLES, L. L. Geographic distributions, phenotypes, and phylogenetic relationships of phalloceros (Cyprinodontiformes: Poeciliidae): insights about diversification among sympatric species pools. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, v. 132, 265–74, 2019. 10.1016/j.ympev.2018.12.008
- UIEDA, V. S.; BARRETTO, M. G. Composição da ictiofauna de quatro trechos de diferentes ordens do Rio Capivara, Bacia do Tietê, Botucatu, São Paulo. *Revista Brasileira de Zoociências*, v. 1, n. 1, p. 55–67, 1999.
- UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" (UNESP). Fazenda Lageado, 2018. Disponível em: < <https://www.fca.unesp.br/#!/instituicao/fazendas/principal/fazenda-lageado/> >. Acesso em: 01 fev. 2024.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). *The revised total coliform rule: A guide for small public water systems* (EPA 815-B-15-002). U.S. Environmental Protection Agency, 2015. Disponível em <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-11/documents/rtrcr_small_pws_guide_epa815b15002_oct2015_508compliant.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2025.
- VALDERRAMA, J. C. THE SIMULTANEOUS ANALYSIS OF TOTAL NITROGEN AND TOTAL PHOSPHORUS IN NATURAL WATERS. *Marine Chemistry*, v. 10, n. 2, p. 109–122, 1981.
- VALENTE, J. P. S.; PADILHA P. M.; SILVA A. M. M. OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD), DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) E DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) COMO PARÂMETROS DE POLUIÇÃO NO RIBEIRÃO LAVAPÊS/BOTUCATU - SP. *Eclética Química*, Botucatu, v. 22, n. 1, p. 49-66, 1997.
- ZANE, L.; NELSON, W. S.; JONES, A. G.; AVISE, J. C. MICROSATELLITE ASSESSMENT OF MULTIPLE PATERNITY IN NATURAL POPULATIONS OF A LIVE-BEARING FISH,

11. ANEXO

CHAVE ARTIFICIAL DICOTÔMICA DE IDENTIFICAÇÃO

Peixes do Rio Lavapés, Botucatu – SP

Sorocaba Médio-Tietê

- 1A. Ausência de nadadeiras; corpo serpentiforme *Synbranchus marmoratus*
- 1B. Presença de nadadeiras 2

- 2A. Nadadeira dorsal ausente; mais de 100 raios na nadadeira anal *Gymnotus cuia*
- 2B. Nadadeira dorsal presente; menos de 100 raios na nadadeira anal 3

- 3A. Escamas presentes; barbilhões ao redor da boca ausentes 4
- 3B. Escamas ausentes; barbilhões ao redor da boca presentes 5

- 4A. Boca protractil; nadadeira caudal arredondada (em “U”) 6
- 4B. Boca terminal não protractil; nadadeira caudal furcada (em “V”) 7

- 5A. Ausência de placas dérmicas (corpo nu) 8
- 5B. Placas dérmicas presentes 9

- 6A. Boca terminal; linha lateral descontínua *Geophagus iporangensis*
- 6B. Boca superior; linha lateral contínua ou incompleta 10

- 7A. Nadadeiras hialinas; faixa escura estreita ao longo da linha média lateral ... *Serrapinus notomelas*
- 7B. Nadadeiras coloridas, especialmente a nadadeira caudal; não apresenta faixas no flanco 11

- 8A. Barbilhão maxilar mais curto, alcançando somente a nadadeira pélvica; presença de 4 manchas dorsais *Imparfinis mirini*
- 8B. Barbilhão maxilar longo, alcançando a nadadeira anal; sem manchas dorsais no corpo
..... *Rhamdia quelen*

- 9A. Boca terminal; nadadeiras dorsal e peitorais com raios modificados em espinhos pungentes
..... *Corydoras aeneus*

- 9B. Boca ventral; nadadeiras dorsal e peitorais sem raios modificados em espinhos
.....*Hypostomus ancistroides*
- 10A. Mancha vertical única no flanco; machos apresentam nadadeira anal modificada em gonopódio bastante evidente *Phalloceros harpagos*
- 10B. Sem manchas ou com mais de uma mancha no flanco; machos com colorido acentuado
.....*Poecilia reticulata*
- 11A. Nadadeira caudal avermelhada; linha lateral incompleta; corpo ligeiramente mais alto e comprimido *Psalidodon anisitsi*
- 11B. Nadadeira caudal alaranjada; linha lateral completa; corpo torpediforme
.....*Psalidodon paranae*