

Hemerobia e a sua influência na qualidade da água em bacia de região metropolitana: subsídios para a gestão da água

Hemeroby and its influence on water quality in a metropolitan region basin: support for water management

Fabio Leandro Da Silva (1); Denise Balestrero Menezes (2); Gabriel Vanzo (3)

1 Pós-Doutorando, Programa De Pós-Graduação em Engenharia Urbana (PPGEU), UFSCar, São Carlos/SP, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6002-9030> | E-mail: fabioleandro@alumni.usp.br

2 Professora Doutora, PPGEU, UFSCar, São Carlos/SP, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2962-3028> | E-mail: denisebm@ufscar.br

3 Graduando em Gestão e Análise ambiental, UFSCar, São Carlos/SP, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6125-3885> | E-mail: gabrielvanzo@estudante.ufscar.br

Revista de Arquitetura IMED, Passo Fundo, vol. 13, n. 2, p. 15-30, julho-dezembro, 2024 - ISSN 2318-1109

DOI: <https://doi.org/10.18256/2318-1109.2024.v13i2.5151>

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*

Como citar este artigo / How to cite item: [clique aqui!/click here!](#)

Resumo

As regiões metropolitanas são marcadas por apresentarem um grande contingente populacional e forte ocupação de suas paisagens. Devido ao desenvolvimento das atividades antropogênicas, a qualidade da água e a naturalidade da paisagem acabam sendo alteradas por causa do comprometimento da capacidade de autorregulação. Deste modo, estudos que avaliem estes impactos auxiliam na promoção da gestão ambiental e na manutenção dos serviços ecossistêmicos em áreas urbanizadas. Este estudo buscou utilizar indicadores de qualidade da água (Índice de Qualidade da Água e o Índice de Estado Trófico) e a hemerobia (naturalidade) para verificar o gradiente do rio Sorocaba, no Estado de São Paulo. Os resultados demonstram o predomínio de áreas antropogênicas (> 60%), principalmente ligadas ao agronegócio (i.e. área descoberta, lavoura temporária, silvicultura e pastagem) e regiões urbanizadas, além das áreas hemerobióticas (com dependência tecnológica e antropogênica, bem como capacidade de autorregulação comprometida). A qualidade da água oscila entre boa e regular e o grau de trofia predominante no rio Sorocaba é hipertrófico, apresentando variações de acordo com a estação climática (chuvosa e seca) e o gradiente do corpo hídrico. Para a continuidade da provisão de serviços ecossistêmicos e melhoria da complexidade da paisagem, recomenda-se a recuperação da vegetação nativa e o tratamento de efluentes domésticos e industriais.

Palavras-chave: unidade de planejamento; naturalidade; paisagem.

Abstract

Metropolitan regions are characterized by high population density and extensive landscape occupation. Due to the development of anthropogenic activities, water quality and landscape naturalness are impacted, compromising their self-regulating capacity. Therefore, studies assessing these impacts support environmental management and ecosystem service maintenance in urbanized areas. This study aimed to use water quality indicators (Water Quality Index and Trophic State Index) and hemeroby (naturalness) to analyze the Sorocaba River gradient in the State of São Paulo, Brazil. Results indicate a predominance of anthropogenic areas (> 60%), mainly associated with agribusiness (e.g., bare soil, annual crops, forestry, and pasture) and urbanized regions, in addition to hemerobiotic areas (with high technological and anthropogenic dependence and compromised self-regulating capacity). Water quality varies from good to moderate, with the predominant trophic state of the Sorocaba River being hypertrophic, showing variations according to the seasonal climate (rainy and dry seasons) and the gradient of the water body. Aiming to ensure the continuity of ecosystem service provision and enhance landscape complexity, the restoration of native vegetation and the treatment of domestic and industrial effluents are recommended.

Keywords: planning unit; naturalness; landscape.

1 Introdução

As bacias hidrográficas inseridas em áreas metropolitanas são afetadas fortemente pelos usos da terra e o desenvolvimento de atividades antropogênicas, o que altera a qualidade da água dos corpos hídricos e a sua dinâmica (SHENG; WILSON, 2009; RIBEIRO et al., 2018; DIEM et al., 2022). A expansão das atividades antropogênicas e o uso intensivo da paisagem acabam incidindo em alterações na integridade ecológica, ocasionando impactos, como aceleração de processos erosivos, contaminação, poluição, formação de ilhas de calor, alterações do ciclo hidrológico, entre outros efeitos, que comprometem a capacidade de autorregulação dos ambientes naturais. Emerge a necessidade de se conduzir investigações para auxiliar no processo de tomada de decisão e na formulação de políticas públicas para salvaguardar os ecossistemas e a provisão de seus benefícios (e.g. manutenção da qualidade da água, purificação do ar, recreação).

Tal situação tende a se agravar, dado que as áreas metropolitanas estão passando por diversos processos de mudanças nas últimas décadas, com profundas alterações em sua estrutura espacial, impulsionado pelo crescimento econômico, a industrialização, o processo de urbanização, a necessidade da conectividade entre os meios de transporte e a geração de postos de trabalho, além de vetores de mudanças de ordem local e global (FUJII et al., 2018; DADASHPOOR; MALEKZADEH, 2022; SAEIDIZAND; FRANSEN; BOUSSAUW, 2022), comprometendo a naturalidade da paisagem nestes ambientes.

Tveit e Sang (2014) salientam que a naturalidade está relacionada com os espaços naturais (i.e. espaços verdes e azuis) presentes em uma determinada área de interesse; ela impacta diretamente a dinâmica ecológica e o bem-estar da sociedade, bem como é comprometida pelos distúrbios ocasionados pela ação humana e a complexidade da paisagem (diversidade de elementos constituintes). Dentre os vetores envolvidos na perda de naturalidade, destaca-se o aumento da artificialização e o selamento do solo (KRAPEZ, A.; HUGHES, M.; NEWSOME, 2021) provocado pelo avanço extensivo de estrutura cinza, assim como a falta de integração dos elementos naturais no planejamento das cidades (BRESSANE et al., 2024), que deveria preservar a regulação de aspectos de ordem hidro-geomorfológica, ecológica e a manutenção dos ciclos biogeoquímicos, assim como a manutenção da resiliência da paisagem (HANNA; BRUNO; CAMÍN, 2023).

Portanto, surge a necessidade de se conduzir investigações com foco em regiões metropolitanas, para auxiliar no processo de tomada de decisão e formulação de políticas públicas locais e regionais, já que os mecanismos normativos têm como objetivo a garantia do funcionamento dos processos ambientais, como a provisão de serviços ecossistêmicos, através das legislações, agindo como fator limitante das ações antropogênicas e, conseqüentemente, reduzindo os prejuízos à sociedade (NUNES et al., 2021) e biodiversidade.

Logo, a verificação da qualidade da água e da hemerobia (naturalidade) pode auxiliar na promoção da gestão ambiental (SOARES et al., 2023). Deste modo, o emprego de índices e indicadores de estrutura da paisagem podem ser de grande auxílio para o manejo de bacias hidrográficas e a gestão da água.

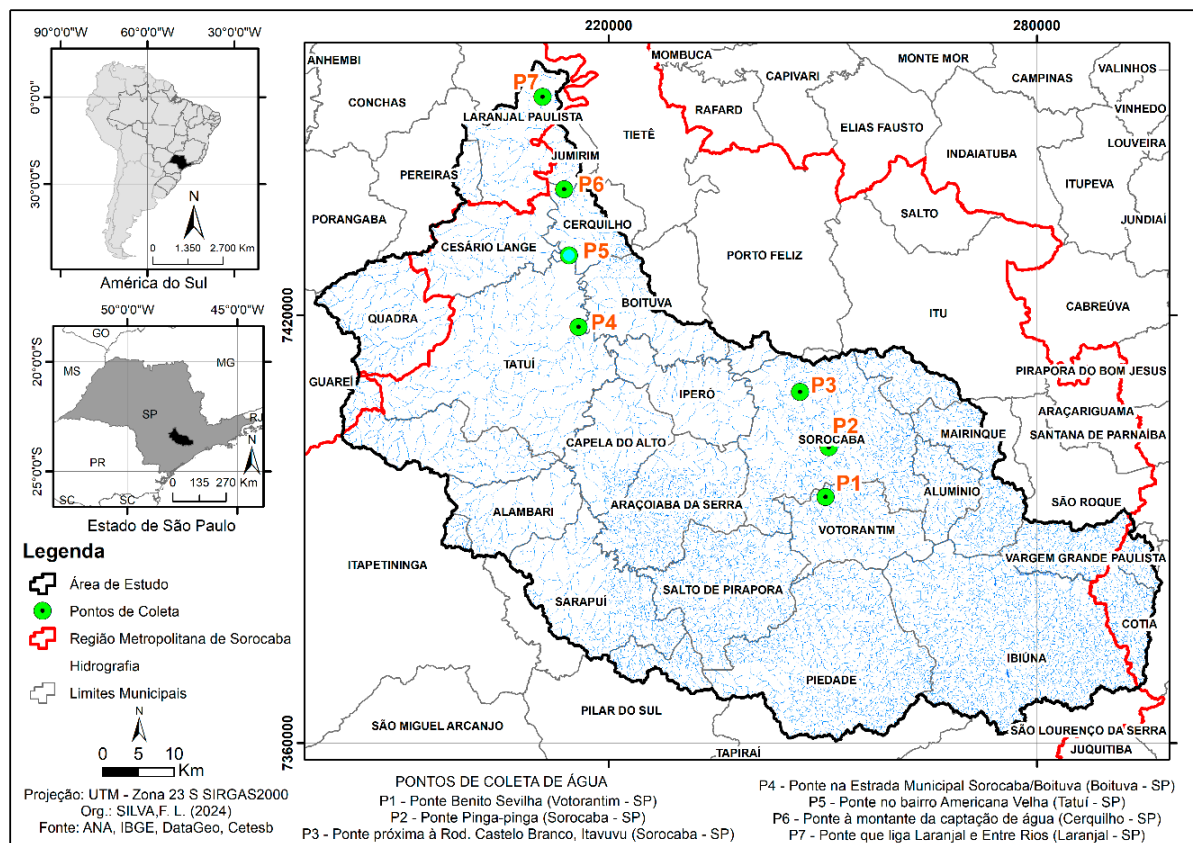
O objetivo do presente trabalho foi utilizar indicadores de qualidade da água e a influência da hemerobia (naturalidade) no gradiente de um rio dulcícola inserido em uma região metropolitana, buscando verificar a interferência antropogênica e auxiliar na tomada de decisão.

2 Material e Métodos

2.1 Área de Estudo

A unidade deste estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Sorocaba (BRS), localizada no interior do Estado de São Paulo, com seu território abrangendo parte da Região Metropolitana de Sorocaba - RMS (Figura 1). A área de drenagem possui cerca de 525.000 hectares, bem como o seu principal afluente é o rio Sorocaba, com uma extensão superior a 200 km e cuja desembocadura ocorre no rio Tietê, no município de Laranjal Paulista (SP). Considerando os 20 municípios com sede na área de estudo, a população residente é superior a 1,4 milhão de pessoas, com base no ano de 2020 (FUNDAÇÃO SEADE, 2024).

Quanto a economia, na região observa-se o desenvolvimento de uma ampla gama de atividades, como monoculturas (e.g. cana-de-açúcar e *citrus*), a criação de gado, indústrias automobilísticas, fábricas de papel e celulose, indústrias sucroalcooleiras, indústrias do setor alimentício, entre outras atividades (COMITÊ SOROCABA MÉDIO TIETÊ, 2023). Se tratando dos aspectos ambientais, ocorrem na região fisionomias do Cerrado e Mata Atlântica (COMITÊ SOROCABA MÉDIO TIETÊ, 2013), o clima da região é do tipo Cwa (verão chuvoso e inverno seco) e a hidrografia apresenta um padrão dendrítico.

Figura 1. Localização da área de estudo e dos pontos de amostragem no rio Sorocaba.

2.2 Usos da Terra e Hemerobia

A identificação dos usos da terra da BRS para o ano de 2022 foi possível através da obtenção de uma imagem síntese do satélite LandSat 8 ^(OLI), com resolução de 30 metros e composição multiespectral em falsa cor (6R5G4B) no *Google Earth Engine* (GEE). Na ocasião, foram empregadas imagens com cobertura de nuvens inferior a 10%. Adotou-se a Projeção Transversa de Mercator, Fuso 23 Sul, datum SIRGAS 2000.

Mediante a utilização do nível II de classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013), as tipologias de usos da terra foram identificadas utilizando *machine learning* (classificador *random forest*), com uma amostra de 200 pontos.

Quanto à hemerobia (naturalidade) da paisagem, a análise se baseou na reclassificação dos usos da terra no software ArcGIS (versão 10.2), conforme o gradiente de influência antropogênica (i.e. natural, próximo ao natural, seminatural, agrícola, quase cultural e cultural), avaliando a sua capacidade de autorregulação, interferência humana e dependência tecnológica (SOARES et al., 2023) demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1. Graus de hemerobia e sua respectiva descrição.

Graus	Classificação	Descrição
Ahemerobiótico	Natural	Unidades marcadas por um alto potencial de autorregulação e nenhuma/baixíssima interferência antropogênica e dependência tecnológica.
Oligohemerobiótico	Quase natural	Unidades com grande capacidade de autorregulação, caracterizadas por maior grau de interferência antropogênica, em relação a classificação anterior.
Mesohemerobiótico	Semi-natural	Unidades que sofrem interferência antropogênica moderada e apresentam artificialização parcial de sua área, além de baixa dependência tecnológica e limitada capacidade de autorregulação.
Euhemerobiótico	Agrícola	Unidades ligadas ao agronegócio, fortemente dependentes do manejo humano, apresentam grande dependência tecnológica, bem como uma moderada/forte interferência antropogênica e comprometida capacidade de autorregulação.
Polihemerobiótico	Quase cultural	Unidades que englobam áreas periurbanas, áreas de transição entre ambientes agrícolas e urbanos, e sítios de mineração. Possui forte dependência do manejo humano, alta interferência antropogênica e dependência tecnológica.
Metahemerobiótico	Cultural	Unidades artificiais criadas e dependentes do manejo humano, caracterizadas pela intensa interferência antropogênica. Observa-se a completa destruição das biocenoses, alta dependência tecnológica e selamento do solo superior a 30%.

Fonte: Adaptado de Blume & Sukopp (1976), Haber (1990), Walz & Stein (2014) e Soares et al. (2023).

2.2 Qualidade da Água

Com o intuito de verificar alterações na qualidade da água, foram utilizadas informações da rede de monitoramento de águas superficiais da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Semelhante ao realizado por Soares (2023), a análise se baseou no Índice de Qualidade da Água (IQA) e no Índice de Estado Trófico (IET). Os dados são referentes a sete estações de monitoramento limnológico ao longo do percurso do rio Sorocaba (Figura 1) pela bacia hidrográfica, e fazem parte do relatório anual de qualidade emitido pela CETESB (2022). Conforme previamente realizado por Silva et al. (2022), as informações foram obtidas conforme o regime de chuvas: (i) na estação chuvosa (fevereiro, março, novembro e dezembro) ou na (ii) estação seca (maio, junho, agosto e setembro).

O IQA é um indicador utilizado pelas CETESB para divulgar informações acerca da qualidade da água dos corpos hídricos com vistas ao abastecimento público. Este índice é baseado em nove variáveis limnológicas (condutividade elétrica, pH, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrogênio total, temperatura, turbidez, sólidos totais e oxigênio dissolvido), o seu resultado enquadra o corpo d'água em uma das cinco categorias de qualidade (Tabela 2), mediante o produto ponderado das Equações 1 e 2 (CETESB, 2022).

Tabela 2. Classificação do IQA

Categoria	Ponderação
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

Fonte: CETESB (2022)

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

Onde:

IQA: índice de qualidade das águas (um número entre 0 e 100), q_i : qualidade da i -ésima variável, um número entre 0 e 100 obtido em função da concentração ou medida da variável e w_i : peso correspondente ao i -ésima variável, atribuída em função da importância dessa variável para a conformidade global da qualidade, um número entre 0 e 1.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2)$$

Onde:

n : o número de variáveis que entram no cálculo.

Por sua vez, o IET visa classificar os corpos hídricos com base no grau de trofia (i.e. enriquecimento por nutrientes), é baseado na clorofila-a e no fósforo total, sendo capaz de refletir o potencial de eutrofização e o crescimento demasiado de algas no ambiente aquático (CESTEB, 2022). O resultado é calculado com base nas Equações 3 e 4, cujo enquadramento corresponde a uma das categorias da Tabela 3.

$$\text{IET (PT)} = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln \text{PT})) / \ln 2)) - 20 \quad (3)$$

$$\text{IET (Cl-a)} = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln \text{Cl-a})) / \ln 2)) - 20 \quad (4)$$

Onde:

PT: concentração de fósforo total ($\mu\text{g L}^{-1}$) medida à superfície da água,

Cl-a: concentração de clorofila-a ($\mu\text{g L}^{-1}$) medida à superfície da água e

ln: logaritmo natural.

Tabela 3. Classificação do IET

Categoria	Ponderação
Ultraoligotrófico	$\text{IET} \leq 47$
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	$\text{IET} > 67$

Fonte: CETESB (2022)

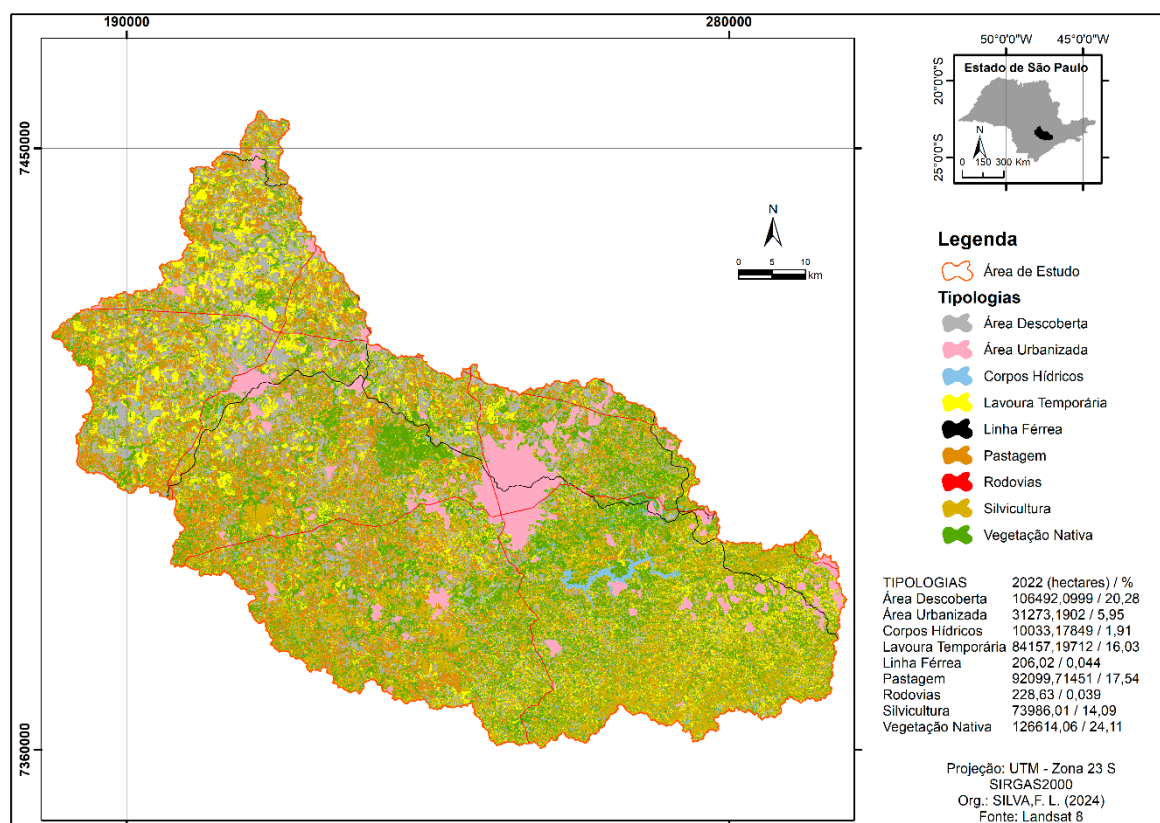
3 Resultados e discussão

Conforme evidenciado na Figura 2, os usos da terra na BRS são predominantemente antropogênicos. As tipologias linha férrea e rodovias são as categorias com menor valor em termos de área ($< 0,05\%$). Na sequência, observa-se os corpos d'água que estão espalhados por toda a área de estudo, destaque para o rio Sorocaba e alguns represamentos de água, como os reservatórios de Barra Bonita e Itupararanga, nos cursos baixo e alto, respectivamente. A maior porção da BRS é ocupada por áreas destinadas ao agronegócio ($> 67\%$), destaque para a área descoberta (áreas sendo preparadas para cultivo agrícola), lavoura temporária (cana-de-açúcar), pastagens destinadas à criação de gado e silvicultura (*Pinus spp.* e *Eucalyptus spp.*). As áreas urbanizadas ocupam cerca de 6% da bacia hidrográfica, sendo a maior mancha observada a área urbanizada de Sorocaba (SP). Salienta-se que a lavoura temporária se concentra no curso baixo da área de estudo, enquanto a pastagem e silvicultura são observadas em toda a extensão da BRS. Ademais, as maiores áreas urbanizadas se encontram no curso médio, estando conectadas com a linha férrea e rodovias.

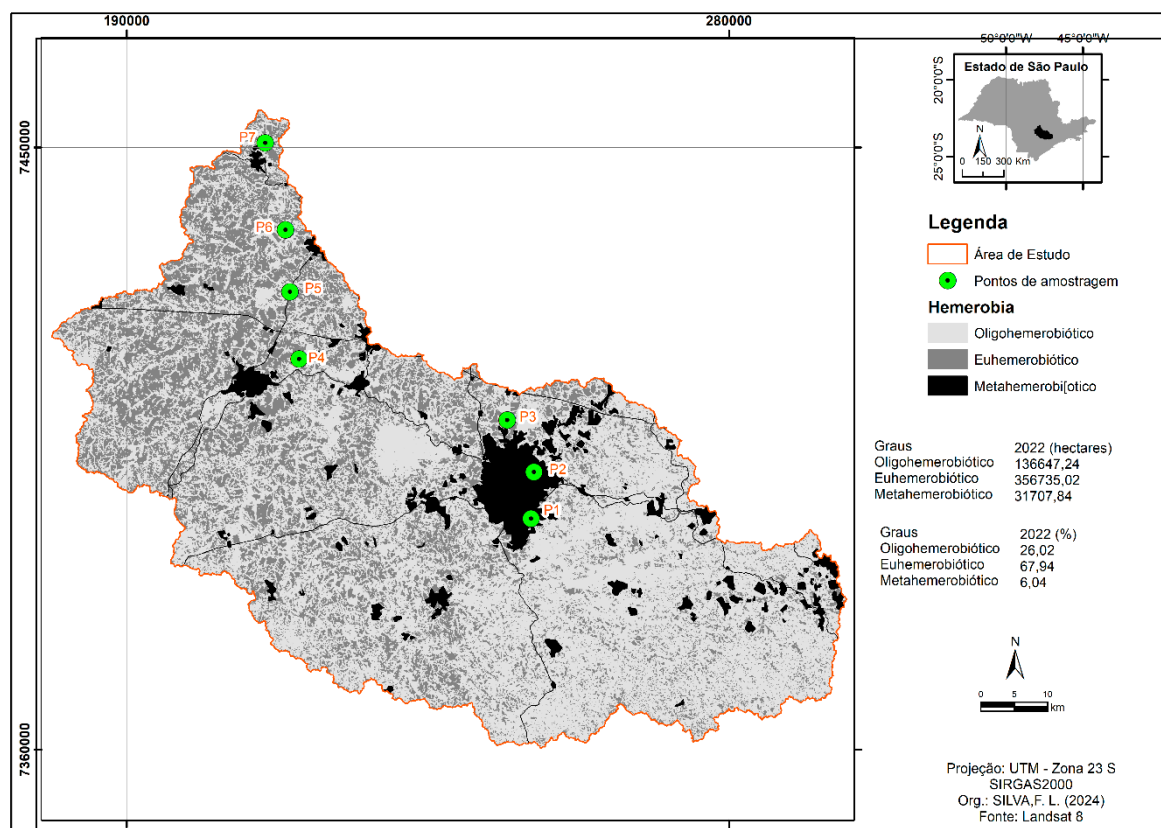
A BRS apresenta uma diversidade de usos da terra, destaque para vegetação nativa e usos antropogênicos voltados para o agronegócio, que acabam interferindo na dinâmica e funcionamento do sistema devido as pressões exercidas (SIMONETTI et al., 2023, CONCEIÇÃO et al., 2024) que contribuem para alterações no funcionamento e

metabolismo dos ecossistemas. Na BRS existem unidades de conservação (e.g. Floresta Ipanema, Área de Proteção Ambiental Itupararanga, etc.) de proteção integral e uso sustentável, entretanto, a matriz predominante é caracterizada pelo uso agropecuário, o que pode contribuir para a interferência nos ambientes aquáticos, afetando negativamente a sua qualidade, além de reduzir a provisão de serviços ecossistêmicos, conforme evidenciado por Silva et al. (2020). Em regiões metropolitanas, a ocupação do território deve ser disciplinada para evitar os impactos negativos associados com o desenvolvimento das atividades humanas, considerando toda a dinâmica da região (MELO BONINI et al., 2020).

Figura 2. Usos da terra na BHS no ano de 2022



Quanto a hemerobia (naturalidade), somente três graus foram observados para o ano avaliado: i) oligohemerobiótico, (ii) euhemerobiótico e (iii) metahemerobiótico (Figura 3). Em termos de área, a categoria mais representativa é euhemerobiótico (ca. 68%), que corresponde a área agrícola e destinada a pecuária na unidade. Na sequência, nota-se a categoria oligohemerobiótica, composta pela vegetação nativa remanescente e corpos d'água menos impactados, que apresentam maior capacidade de autorregulação e menor interferência antropogênica. A categoria metahemerobiótico é marcada pelo alto selamento do solo e estruturas artificiais, engloba os espaços urbanizados, linha férrea e rodovias, se destaca pela forte alteração da paisagem, dependência de manejo e grande uso de tecnologia.

Figura 3. Graus de hemerobia para a BHS no ano de 2022.

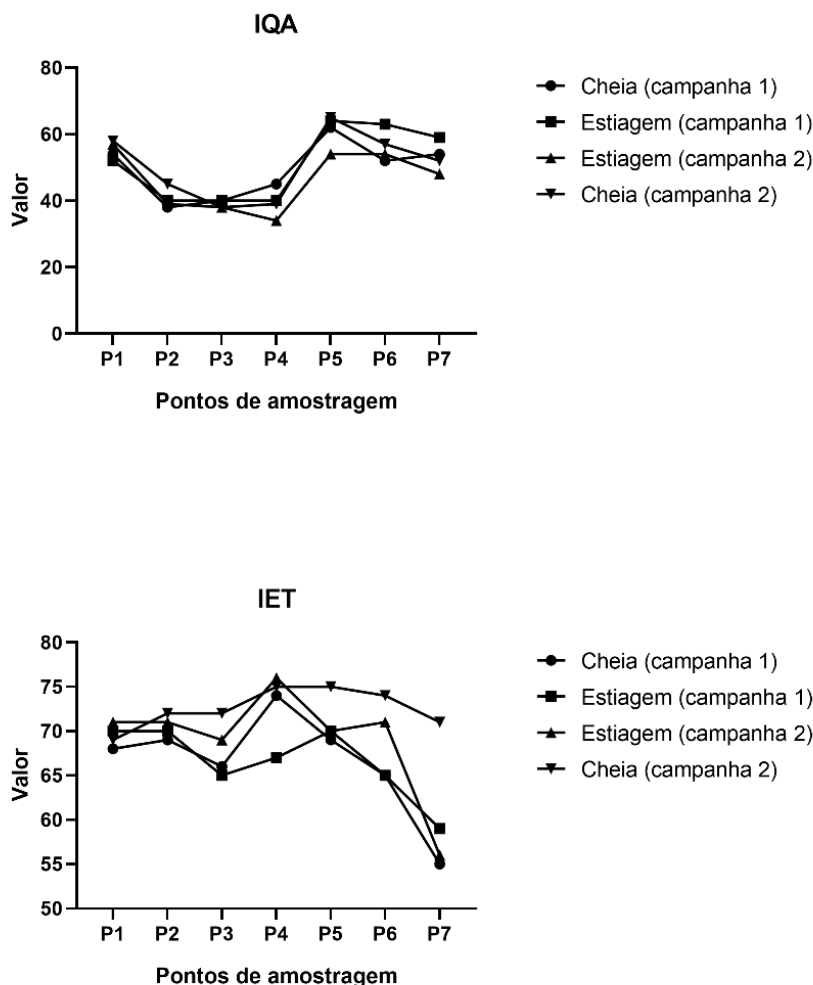
Silva e Faria (2021) ao avaliarem o núcleo urbano de Inhumas (região metropolitana de Goiânia), constataram diferentes graus de hemerobia, relacionaram o predomínio de áreas com grande dependência tecnológica e interferência antropogênica, o que afeta suas funções ecossistêmicas. Por sua vez, no caso da Região Geográfica Imediata de Belém (PA), um estudo analisou os usos da terra entre 1985 e 2018, constatando a interferência antropogênica e o seu papel na modificação da paisagem, especialmente ocasionada pelo agronegócio e urbanização, o que impactou na hemerobia da paisagem (GUSMÃO; LOBO; TOURINHO, 2021). Soares et al. (2023), ao avaliarem um município (Mogi das Cruzes - SP) inserido em região metropolitana, verificaram o predomínio de áreas com menor hemerobia (i.e. ahmerobiótico, e euhemerobiótico), semelhante ao observado na BRS, mas as atividades ligadas ao agronegócio e correspondentes as áreas urbanizadas alteram a capacidade de autorregulação e a manutenção da homeostase dos sistemas naturais, refletindo em piora da qualidade da água. No caso da BRS, ao longo do gradiente, nota-se uma piora e uma breve melhora da qualidade da água em termos do IQA e IET. Pode-se inferir que o adensamento populacional e o desenvolvimento de atividades econômicas, tanto industriais e do agronegócio, acabam afetando os sistemas naturais e incidem em alterações devido ao seu papel na transformação e configuração da paisagem.

Quanto aos dados de qualidade da água, duas campanhas foram realizadas em cada estação (i.e. seca e chuvosa). Em relação ao IQA (Figura 3), os valores entre os

pontos avaliados oscilaram entre as categorias boa e regular, sendo que ao longo do gradiente a qualidade da água apresenta uma melhora, seguida de uma piora e uma recuperação. já que passa da categoria regular para boa, exceto nos pontos 4 e 5 na estiagem (categoria ruim). A perda de qualidade da água ocorre após a passagem do rio Sorocaba na área urbana de mesmo nome e outras cidades, caracterizada por maior dependência do manejo antropogênico e tecnologia, bem como menor capacidade de autorregulação.

Em relação ao IET (Figura 3), observa-se que o rio Sorocaba apresenta uma pequena melhora em seu gradiente (P3), passando do estado hipereutrófico para supereutrófico (nas primeiras campanhas de cheia e seca); porém nos demais casos o ambiente é marcado pelo alto enriquecimento por nutrientes, conforme indica a categoria supereutrófico. Ao avaliarem o estado trófico do Sistema Billings inserido na região metropolitana de São Paulo, Osti et al. (2024) verificaram que a classificação variou entre mesotrófico e eutrófico, situação possivelmente ligada ao aporte de esgoto e cargas difusas da área de contribuição, corroborando com o presente estudo.

Próximo à foz no rio Tietê, o rio Sorocaba apresenta melhorias em termos do IQA e do IET, demonstrando uma recuperação do corpo hídrico. Variações na qualidade da água também foram verificadas por Araújo et al. (2020), ao avaliarem uma microbacia na região metropolitana de São Paulo, os autores verificaram relações significativas entre os usos da terra e a qualidade da água nas áreas com maior percentual de usos antropogênicos, enquanto áreas com o predomínio de vegetação nativa tende a apresentar melhor qualidade da água. Sendo assim, a mudança de qualidade da água pode estar associada com a mudança do grau de hemerobia na BRS, já que nas áreas com menor naturalidade se observa a piora do IQA e IET, enquanto nas áreas menos artificializadas a situação apresenta melhora. Outro ponto importante é a própria capacidade de assimilação dos poluentes pelo rio Sorocaba (SILVA et al., 2020).

Figura 3. Oscilações do IQA e IET no rio Sorocaba ao longo de 2022.

Fonte: CETESB (2022)

Destaca-se que, a BRS encontra em situação crítica de escassez hídrica em função da alta demanda existente pelo uso da água (ABREU; TONELLO, 2018). Logo, é indispensável considerar na gestão da água o cenário encontrado e as alterações que ocorrem no ciclo hidrológico, com o intuito de manter o abastecimento público e funcionamento dos sistemas ambientais (JACOBI; BUCKERIDGE; RIBEIRO, 2021). No caso da área de estudo, a pesquisa traz contribuições ao verificar a relação entre os usos da terra, o grau de interferência humana e a sua relação da água. Através do disciplinamento do uso e ocupação da paisagem, da implantação de estratégias voltadas para o controle de aportes para os corpos hídricos e recuperação dos ambientes naturais, a gestão da água pode ser favorecida.

4 Conclusão

Os usos da terra na BRS são marcados por serem predominantemente ligados ao agronegócio (cana-de-açúcar, pastagem, área descoberta e silvicultura), seguido

das áreas naturais e urbanizadas. O IQA e IET refletem categorias que indicam o comprometimento da qualidade da água, já que o rio Sorocaba sofre influência de áreas com elevados graus de hemerobia (i.e. euhemerobiótico e metahemerbióticos), que apresentam forte interferência antropogênica, dependência tecnológica e o comprometimento da capacidade de autorregulação. O adensamento populacional e a pressão exercida pelos municípios que integram a RMS contribuem para as alterações observadas. Deste modo, a análise da paisagem aliada a diagnósticos limnológicos possibilitam evidenciar as alterações humanas causadas em bacias inseridas em regiões metropolitanas, fornecendo base para o manejo. Logo, recomenda-se a implantação de políticas públicas que contribuam para o aumento das áreas de vegetação nativa, a coleta e tratamento de esgoto, bem como a proteção de ambientes naturais. Estas ações podem contribuir para a melhoria da qualidade da água, dado que as variáveis limnológicas que influenciam nos índices podem sofrer melhoras com a redução da carga de poluentes e contaminantes, favorecendo a provisão de serviços ecossistêmicos, a consolidação da Política Nacional de Recursos Hídricos e a homeostase da BRS.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (Bolsa PIBIT/CNPq UFSCar - Processo: 139085/2023-8) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

- ABREU, M. C.; TONELLO, K. C. Disponibilidade e demanda hídrica da bacia do rio Sorocaba, Brasil: um alerta à gestão dos recursos hídricos. *Sociedade e Natureza*, v.30, n.3, p. 209-232, 2018.
- ARAÚJO, P. L., HAMBURGER, D. S., JESUS, T. A., BENASSI, R. F. Relação entre a qualidade da água e o uso do solo em microbacias do reservatório Billings, na Região Metropolitana de São Paulo - SP. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 15, e2, 2018. DOI: <https://doi.org/10.21168/rega.v15e2>
- BLUME, H. P.; SUKOPP, H. Okologische Bedeutung anthropogener Bodenveränderungen. *Schriftenreihe für Vegetationskunde*, v. 10, p. 75-89, 1976.
- BRESSANE, A.; SILVA, M. B.; GOULART, A. P. G.; MEDEIROS, L. C. Understanding how green space naturalness impacts public well-being: prospects for designing healthier cities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 21, n. 5, p. 585, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph21050585>
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. *Índices de qualidade das águas*,

critérios de avaliação da qualidade dos sedimentos e indicador de controle de fontes. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2022/11/Apendice-E-Indices-de-Qualidade-das-Aguas.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2024.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. *Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2022*. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2023/09/Relatorio-de-Qualidade-das-Aguas-Interiores-no-Estado-de-Sao-Paulo-2022.pdf>. Acesso em: 04 set. 2024.

COMITÊ SOROCABA MÉDIO TIETÊ. *Relatório de situação dos recursos hídricos 2013*. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/deliberation/%5C6205/rs-06-01-13.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2024.

COMITÊ SOROCABA MÉDIO TIETÊ. *Relatório de situação dos recursos hídricos na bacia SMT 2022 (2023)*. Disponível em: https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-S-MT/27262/relatorio-de-situacao_2023-2022.pdf. Acesso em: 03 nov. 2024.

CONCEIÇÃO, F. T., FERNANDES, A. M., MORUZZI, R. B., E MORTATTI, J. Dynamics of dissolved inorganic carbon (DIC) and stable C isotope ratios ($\delta^{13}\text{CDIC}$) in a tropical watershed with diversified land use in São Paulo State, Brazil. *Science of The Total Environment*, v. 933, p. 173071, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173071>

DADASHPOOR, H.; MALEKZADEH, N. Evolving spatial structure of metropolitan areas at a global scale: a context-sensitive review. *GeoJournal*, v. 87, n. 5, p. 4335-4362, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10708-021-10435-0>

DIEM, J. E.; PANGLE, L. A.; MILLIGAN, R. A.; ADAMS, E. A. How much water is stolen by sewers? Estimating watershed-level inflow and infiltration throughout a metropolitan area. *Journal of Hydrology*, v. 614, p. 128629, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128629>

FUJII, H.; IWATA, K.; CHAPMAN, A.; KAGAWA, S.; MANAGI, S. An analysis of urban environmental Kuznets curve of CO₂ emissions: Empirical analysis of 276 global metropolitan areas. *Applied Energy*, v. 228, p. 1561-1568, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.06.158>

FUNDAÇÃO SEAD. *Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados*. Disponível em: <https://www.seade.gov.br>. Acesso em: 20 jun. 2024.

GUSMÃO, L. H. A.; LOBO, M. A. A.; TOURINHO, H. L. Z. Mudança do Uso e da Cobertura da Terra e Hemerobia das Paisagens: o caso da Região Geográfica Imediata de Belém - Pará (1985-2018). *GEOGRAFIA (Londrina)*, v. 30, n. 2, p. 169-189, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2021v30n2p169>

HANNA, E.; BRUNO, D.; COMÍN, F. A. Evaluating naturalness and functioning of urban green infrastructure. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 80, p. 127825, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127825>

HABER, W. Using landscape ecology in planning and management. In: *Changing landscapes: an ecological perspective*. New York, NY: Springer New York, 1990. p. 217-232.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. *Manual técnico de uso da terra*. Disponí-

- vel em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2024.
- KRAPEZ, A.; HUGHES, M.; NEWSOME, D. Perceptions of ‘naturalness’ by urban park visitors: Insights from Perth, Western Australia. *International Journal of Geoheritage and Parks*, v. 9, n. 4, p. 450-462, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2021.11.004>
- MELO BONINI, L. M.; ALMEIDA-SCABBIA, R. J., CRUZ, M. C. B., & DE LIMA, P. F. Diagnóstico antrópico: impacto ambiental no trecho norte do rodoanel na região metropolitana de São Paulo, SP. *South American Development Society Journal*, v. 6, n. 18, p. 82-82, 2020. DOI: <https://doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v6i18p82-100>
- NUNES, V. A. C.; FRIEDE, R.; MIRANDA, M. G.; CASTAGNA, A. A. Legislação ambiental versus degradação de matas ciliares. *Revista da Seção Judiciária do Rio de Janeiro*, v. 24, n. 50, p. 92-112, 2021. DOI: <https://doi.org/10.30749/2177-8337.v24n50p92-112>
- OSTI, J. A. S.; CHAMIZO, A. C. P.; OLIVEIRA, M. B. H.; CARMO, C. F.; SANTOS, K. S. S.; MORAES, M. de A. B.; MERCANTE, C. T. J. Applicability of phytoplankton diversity and trophic state indices as indicators of the eutrophication process in the areas of the Rio Grande branch and Central Body of the Billings reservoir. *Research, Society and Development*, v. 13, n. 2, p. e1613244937, 2024. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v13i2.44937>.
- TVEIT, M. S.; SANG, A. O. Landscape assessment in metropolitan areas—developing a visual indicator-based approach. *Spool*, v. 1, n. 1, p. 301-316, 2014. DOI: <https://doi.org/10.7480/spool.2014.1.641>
- JACOBI, P. R.; BUCKERIDGE, M.; RIBEIRO, W. C. Governança da água na Região Metropolitana de São Paulo-desafios à luz das mudanças climáticas. *Estudos Avançados*, v. 35, p. 209-226, 2021.
- SAEIDIZAND, P.; FRANSEN, K.; BOUSSAUW, K. Revisiting car dependency: A worldwide analysis of car travel in global metropolitan areas. *Cities*, v. 120, p. 103467, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103467>
- SHENG, J.; WILSON, J. P. Watershed urbanization and changing flood behavior across the Los Angeles metropolitan region. *Natural Hazards*, v. 48, p. 41-57, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-008-9241-7>
- SILVA, F. L., STEFANI, M. S., SMITH, W., SCHIAVONE, D. C., CUNHA-SANTINO, M. B., BIANCHINI JR, I. An applied ecological approach for the assessment of anthropogenic disturbances in urban wetlands and the contributor river. *Ecological Complexity*, v. 43, p. 100852, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2020.100852>
- SILVA, F. L., FUSHITA, Â. T., CUNHA-SANTINO, M. B., BIANCHINI JR, I. Adopting basic quality tools and landscape analysis for applied limnology: an approach for freshwater reservoir management. *Sustainable Water Resources Management*, v. 8, n. 3, p. 65, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40899-022-00655-8>
- SILVA, M. A. B.; FARIA, K. M. S. Hemerobia de paisagem em áreas úmidas na zona urbana de Inhumas, GO, Brasil. *Terr@ Plural*, v. 15, p. 1-16, 2021.
- SIMONETTI, V. C., CUNHA, D. C., ROSA, A. H. Análise da influência das atividades antró-

picas sobre a qualidade da água da APA Itupararanga (SP), Brasil. *Geosul*, v, 34, n. 72, p. 01-27, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n72p01>

SOARES, J. A. H., SILVA, F. L., OLIVEIRA-ANDREOLI, E. Z., FUSHITA, Â. T., CUNHA-SANTINO, M. B., BIANCHINI JÚNIOR, I. Diagnóstico da qualidade da água e hemerobia no rio Tietê, Mogi das Cruzes, SP. *Formação (Online)*, v. 30, n. 57, p. 386-409.

WALZ, U.; STEIN, C. Indicators of hemeroby for the monitoring of landscapes in Germany. *Journal for Nature Conservation*, v. 22, n. 3, p. 279-289, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2014.01.007>.