

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM LAGOS URBANOS: INTEGRAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS E BIOENSAIOS NA BACIA DO RIBEIRÃO CAMBÉ

Maria Eduarda Scarabelot Cortez¹; Stephanie Luana Urata²; Julia Cezare do Santo³; Maria Eduarda Aranega Pesenti⁴; Kauane Suelen Ruiz⁵; Thiago Andrade Marques⁶; Kátia Valéria Marques Cardoso Prates⁷.

RESUMO – A expansão urbana desordenada vem intensificando as pressões sobre os corpos hídricos, sendo que o uso e a ocupação do solo exercem influência direta na qualidade da água. Este estudo teve como objetivo avaliar os impactos da pressão urbana sobre a qualidade da água na bacia do Ribeirão Cambé, Paraná, por meio de análises físico-químicas, microbiológicas e bioensaios de toxicidade. Foram analisados o curso principal do Ribeirão Cambé, os Lagos Igapó IV e II e o lago do Parque Arthur Thomas, em períodos de estiagem e chuvoso. Os parâmetros avaliados incluíram pH, temperatura, sólidos totais dissolvidos (STD), oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica (CE), *Escherichia coli*, coliformes totais e bactérias heterotróficas. Os bioensaios utilizaram as espécies *Allium cepa*, *Lactuca sativa* e *Cucumis sativus*. Os resultados evidenciaram influência sazonal sobre a qualidade da água, com redução do OD e aumento dos indicadores microbiológicos no período chuvoso. O Lago Igapó II apresentou maior comprometimento da qualidade da água, associado ao lançamento irregular de esgoto doméstico, evidenciado pelos elevados valores de *E. coli* e sinais de eutrofização.

Palavras-Chave – Urbanização; bacia hidrográfica urbana; Variação sazonal

ABSTRACT – Unplanned urban expansion has intensified pressures on water bodies, while land use and land occupation directly influence water quality. This study aimed to evaluate the impacts of urban pressure on water quality in the Ribeirão Cambé watershed, Paraná, Brazil, through physicochemical, microbiological, and toxicity bioassay analyses. The main course of Ribeirão Cambé, Lakes Igapó IV and II, and the lake of Arthur Thomas Park were analyzed during dry and rainy periods. The evaluated parameters included pH, temperature, total dissolved solids (TDS), dissolved oxygen (DO), electrical conductivity (EC), *Escherichia coli*, total coliforms, and heterotrophic bacteria. The bioassays used the species *Allium cepa*, *Lactuca sativa*, and *Cucumis sativus*. The results showed seasonal influence on water quality, with reduced DO and increased microbiological indicators during the rainy period. Lake Igapó II showed greater impairment of water quality associated with irregular domestic sewage discharge, evidenced by high *E. coli* concentrations and signs of eutrophication.

Key-words – Urbanization; Urban watershed; Seasonal variation.

¹) Mestranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, e-mail: mariaacortez@alunos.utfpr.edu.br.

²) Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, e-mail: stephanieurata@alunos.utfpr.edu.br

³) Mestranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, e-mail: juliacezare@alunos.utfpr.edu.br

⁴) Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, e-mail: mariapesenti@alunos.utfpr.edu.br

⁵) Graduanda em Engenharia Ambiental e sanitária pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, e-mail: kruiz@alunos.utfpr.edu.br.

⁶) Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, e-mail: thiagomarques@utfpr.edu.br

⁷) Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, e-mail: kprates@utfpr.edu.br.

INTRODUÇÃO

A degradação dos recursos hídricos tem se intensificado nas últimas décadas, aumentando a preocupação com a gestão ambiental equilibrada, especialmente em áreas urbanas. O processo de urbanização acelerada, frequentemente marcado pela expansão desordenada e pela deficiência em infraestruturas de saneamento, tem contribuído para a deterioração da qualidade da água, comprometendo seus diferentes usos (Garcias, Afonso, 2013; Estrada-Rivera et al., 2022).

A qualidade dos corpos hídricos urbanos é diretamente influenciada pelas formas de uso e ocupação do solo. O lançamento de efluentes, o descarte inadequado de resíduos sólidos e as ocupações irregulares nas margens intensificam as pressões antrópicas sobre esses ambientes, resultando em alterações nas características físicas, químicas e biológicas da água (Britto et al., 2018; Souza, Azevedo, 2020). Neste contexto, o monitoramento da qualidade da água torna-se fundamental para compreender os impactos ambientais e subsidiar ações de gestão e recuperação ambiental.

No município de Londrina, no estado do Paraná, a bacia hidrográfica do Ribeirão Cambé representa um exemplo desse processo de urbanização. Inserida em uma região intensamente urbanizada, a bacia abrange os Lagos Igapós e o lago do Parque Arthur Thomas, que vêm sendo impactadas pela expansão urbana e pelas mudanças no uso do solo em seu entorno (Beninca, 2021).

A avaliação da qualidade da água pode ser realizada por meio de análises físico-químicas e microbiológicas, complementadas pelo uso de bioindicadores, proporcionando uma abordagem mais ampla e integrada das condições ambientais. Os bioensaios de toxicidade destacam-se como ferramentas eficientes na detecção de feitos tóxicos em ecossistemas aquáticos, possibilitando a análise integrada dos impactos ambientais sobre os organismos vivos (Almeida *et al.*, 2021).

Diante disso, o presente estudo teve como o objetivo avaliar os impactos da pressão urbana sobre a qualidade da água no curso principal do Ribeirão Cambé, nos Lagos Igapó IV e II e o lago do Parque Arthur Thomas, por meio de análises físico-químicas, microbiológicas e de bioensaios de toxicidade.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se no município de Londrina, Paraná, abrangendo a bacia hidrográfica do Ribeirão Cambé. Foram analisados quatro pontos amostrais inseridos na zona urbana: o Córrego Cambé (P1), os Lagos Igapó IV (P2) e II (P3) e o lago do Parque Arthur Thomas (P4), conforme apresentado na Figura 1. Destaca-se que o P4 está inserido em uma área de conservação ambiental, apresentando maior cobertura vegetal em relação aos demais pontos.

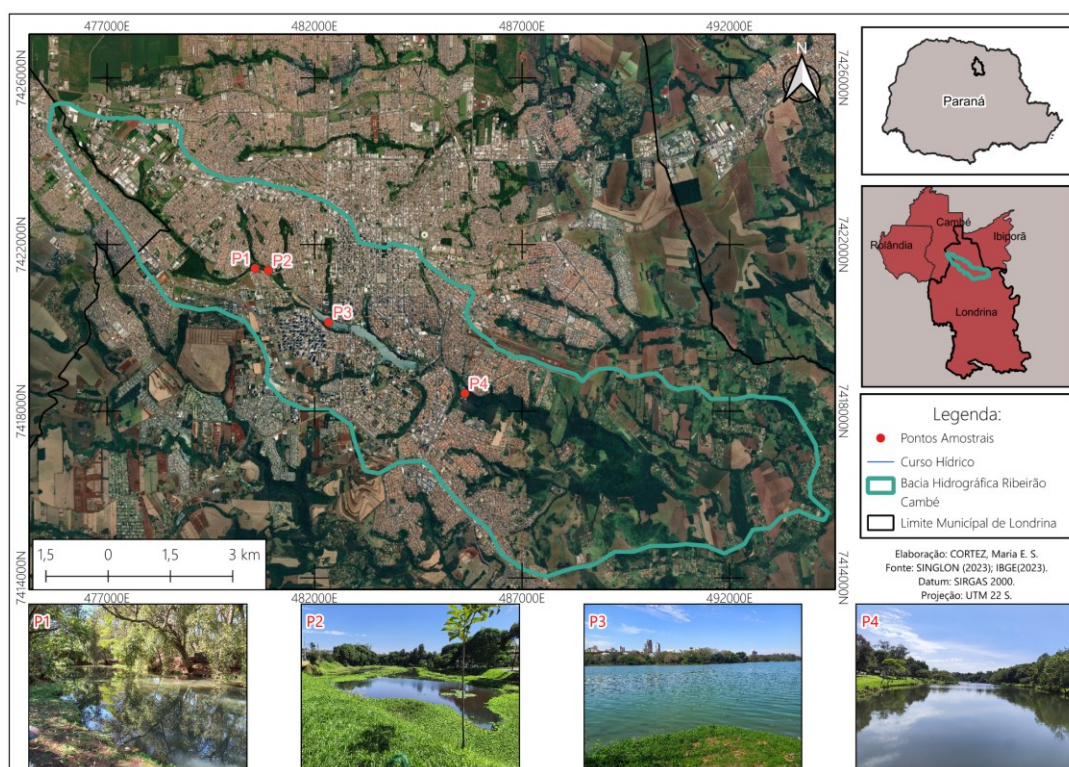


Figura 1 – Localização dos pontos amostrais na bacia do Ribeirão Cambé, no município de Londrina - PR.

Fonte: Autoria Própria (2026).

Foram realizadas duas campanhas de coleta de amostras de água em períodos sazonais distintos. A primeira ocorreu no final de agosto, com precipitação mensal de 30 mm, enquanto na segunda a precipitação registrada foi de 188,6 mm. Os dados pluviométricos foram obtidos junto ao Instituto Água e Terra (IAT, 2025).

O procedimento de coleta, transporte e armazenamento das amostras de água seguiu o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2023). As amostras foram acondicionadas em frascos estéreis de 250 mL e transportadas em caixas térmicas a aproximadamente 6 °C. As análises físico-químicas foram realizadas *in loco* com o equipamento multiparâmetro portátil Hanna HI98194, avaliando pH, temperatura, sólidos totais dissolvidos (STD), oxigênio dissolvido (OD) e condutividade elétrica (CE).

Para a comparação dos resultados obtidos para os parâmetros STD, OD e pH, foram adotados os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação e o enquadramento dos corpos hídricos superficiais. Para os valores de CE utilizou-se o limite definido em CETESB (2022). A bacia hidrográfica do Ribeirão Cambé foi considerada como corpo hídrico de Classe 2. Para

As análises microbiológicas envolveram a quantificação de *Escherichia coli* e coliformes totais por meio das placas 3M Petrifilm EC, enquanto as bactérias heterotróficas foram quantificadas

utilizando as placas 3M Petrifilm Aqua Heterotrophic Count, conforme recomendações do fabricante (3M, 2021). Após inoculação, as placas foram incubadas em estufa bacteriológica a 35 °C por 24 h.

Os bioensaios de toxicidade seguiram o protocolo de Urata *et al.* (2025), utilizando sementes de *Lactuca sativa*, *Allium cepa* e *Cucumis sativus*. Os ensaios foram realizados em duplicata, com controles negativo (água destilada) e positivo (CuSO₄). Cada placa de Petri continha 10 sementes e 2 mL de amostra, sendo incubadas em BOD a 25 °C por quatro dias para germinação e crescimento radicular.

A avaliação dos efeitos tóxicos foi realizada por meio do Índice de Crescimento Relativo (ICR), Índice de Germinação Residual Normalizado (IGN) e Índice de Alongamento Radicular Residual Normalizado (IER), conforme critérios apresentados nos Quadros 1 e 2, baseados em Young *et al.* (2012), Walter, Martínez e Cala (2006) e González *et al.* (2011).

Quadro 1 – Classificação dos resultados obtidos no crescimento radicular

ICR ¹	Classificação
0 a 0,8	Inibição no alongamento
0,8 ou a 1,2	Sem efeito significativo
>1,2	Estimulação no alongamento

¹(ICR) = índice de Crescimento Relativo.

Fonte: Young *et al.* (2012).

Quadro 2 – Classificação dos resultados obtidos no crescimento radicular

IGN ² (%) e IER ³ (%)	Nível de toxicidade
>0	Hormese ¹
0 a -0,25	Toxicidade baixa
-0,25 a -0,5	Toxicidade moderada
-0,5 a -0,75	Toxicidade alta
-0,75 a -1,0	Toxicidade muito alta

Hormese¹ -- É representado por uma baixa dose de toxicidade, mas a mesma não prejudica o desenvolvimento da espécie.

IGN² -- Índice de porcentagem de germinação residual normalizado.

IER³ -- Índice de porcentagem de alongamento radical residual normalizado.

Fonte: Walter, Martínez, Cala (2006); González *et al.* (2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios dos parâmetros físico-químicos obtidos nas campanhas de coleta.

Tabela 1 – Valores médios dos parâmetros físico-químicos obtidos nas campanhas de coleta do Córrego do Ribeirão Cambé (P1), nos Lagos Igapó IV e II (P2 e P3 respectivamente) e no Lago do Parque Arthur Thomas (P4).

Parâmetros Analisados	Campanhas	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Valores de Referência
		Média				
Temperatura (°C)	1°	21,5	22,2	23,4	20,7	-
	2°	22,0	21,7	22,5	22,7	-
Potencial hidrogeniônico (pH)	1°	7,5	7,6	8,7	7,1	6 ~ 9
	2°	7,1	6,8	6,7	6,7	CONAMA 357/05
Condutividade elétrica (CE) (uS.cm ⁻¹)	1°	762,5	282,0	294,5	231,0	100
	2°	484,3	273,0	252,8	241,3	CETESB
Sólidos totais dissolvidos (STD) (ppm)	1°	381,0	141,5	147,5	115,5	500
	2°	242,3	136,5	126,3	120,5	CONAMA 357/05
Oxigênio Dissolvido (OD) (mg.L ⁻¹)	1°	7,7	11,7	11,5	7,5	4
	2°	4,5	3,2	3,3	3,5	CONAMA 357/05

ND¹ - Não Determinado.

Fonte: Autoria Própria (2025).

Os resultados evidenciaram variações sazonais entre os pontos amostrais. A temperatura da água apresentou baixa variação entre as campanhas, permanecendo entre 20,7 e 23,4 °C. Os valores de pH permaneceram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 para corpos hídricos de Classe 2.

Os valores de CE permaneceram acima do valor de referência da CETESB em todos os pontos amostrais, com destaque para o P1. Esse comportamento pode estar associado à intensa urbanização do entorno, à impermeabilização do solo e ao escoamento superficial, fatores que favorecem o carregamento de compostos dissolvidos para os corpos hídricos. Durante a primeira campanha também foi observada a presença de uma mancha com aspecto oleoso no P1, possivelmente contribuindo para o aumento da condutividade elétrica e dos STD.

Durante a primeira campanha foi identificada a presença de uma ligação clandestina no sistema de drenagem urbana do Lago Igapó II (P3), caracterizada pelo lançamento contínuo de efluente, presença de odor e formação de espumas (Figura 2a). Posteriormente, o lago apresentou sinais de eutrofização, com alteração na coloração da água (Figura 2b). O lançamento irregular de esgoto doméstico foi posteriormente confirmado pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SEMA) (Figura 2c).

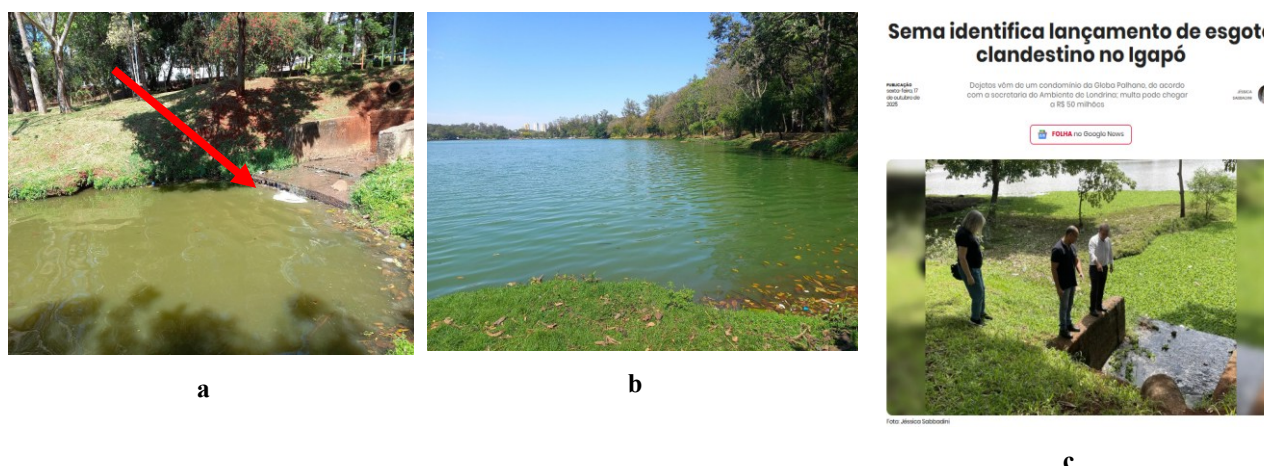


Figura 2 – Evidências de alterações na qualidade da água e da presença de lançamento irregular de efluentes no Lago Igapó II (P3): (a) ligação clandestina identificada na margem direita; (b) sinais de eutrofização; e (c) reportagem sobre a confirmação do lançamento irregular de esgoto doméstico.

Fonte: Autoria Própria (2026) e Folha de Londrina (2025).

Os resultados microbiológicos (Tabela 2) demonstraram elevadas concentrações de *Escherichia coli*, coliformes totais e bactérias heterotróficas em todos os pontos analisados. O P3 apresentou os maiores valores de *Escherichia coli*, principalmente na primeira campanha, corroborando a influência do lançamento clandestino de esgoto doméstico identificado no local. Já as bactérias heterotróficas apresentaram maiores concentrações na segunda campanha, possivelmente em decorrência do aumento do escoamento superficial e do carreamento de matéria orgânica durante o período chuvoso.

Tabela 2 – Média dos dados microbiológicos nos pontos amostrais

Tabela 2 – Média dos dados microbiológicos nos pontos amostrais					
Parâmetros Analisados	Campanhas	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
		Média			
UFC.100 mL ⁻¹					
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	1º	9,0.10 ²	2,8.10 ²	7,4.10 ³	1, 2.10 ³
	2º	2,8.10 ³	2,3.10 ³	4,6.10 ³	3,0 .10 ³
Coliformes Totais	1º	6,7.10 ³	6,4.10 ³	1,8.10 ⁴	8,3.10 ³
	2º	1,3.10 ⁴	1,4.10 ⁴	2,6.10 ⁴	1,4.10 ⁴
heterotróficas	1º	2,9.10 ⁵	7,6.10 ⁵	5,6.10 ⁵	1,2.10 ⁵
	2º	4,5.10 ⁵	5,9.10 ⁵	6,5.10 ⁵	4,5.10 ⁵

Fonte: Autoria Própria (2026).

Os bioensaios de toxicidade demonstraram diferenças de sensibilidade entre as espécies avaliadas (Tabelas 3, 4 e 5). Os resultados do Índice de Crescimento Relativo (ICR) indicaram predominância de ausência de toxicidade ou estímulo ao crescimento radicular. Entretanto, na segunda campanha, *Allium cepa* apresentou redução do crescimento radicular no P3, indicando maior sensibilidade às alterações da qualidade da água nesse ponto.

Os índices de germinação residual normalizado (IGN) e alongamento radicular residual normalizado (IER) evidenciaram respostas distintas entre os bioindicadores. *Cucumis sativus* apresentou menor sensibilidade, com predominância de valores associados à hormese. *Lactuca sativa*

apresentou baixa toxicidade na maior parte dos pontos, enquanto *Allium cepa* demonstrou maior sensibilidade às alterações ambientais, principalmente no P3, associado ao lançamento de esgoto doméstico.

Tabela 3 – Média dos índices de crescimento relativo (ICR) dos bioindicadores nos pontos amostrais.

Bioindicadores	Campanha	Análise					
		P1	P2	P3	P4	CN ¹	CP ²
<i>L. sativa</i> (Alface)	1º	1,01	1,02	1,06	0,90	1,00	0
	2º	1,09	1,04	1,13	1,08	1,00	0
<i>A. cepa</i> (Cebola)	1º	1,04	1,00	1,06	1,03	1,00	0,13
	2º	0,96	0,93	0,95	0,77	1,00	0,09
<i>C. sativus</i> (Pepino)	1º	1,03	1,09	0,99	1,00	1,00	0
	2º	1,25	1,15	1,17	1,13	1,00	0

CN¹ -- Controle Negativo (água destilada).

CP² -- Controle Positivo (Sulfato de Cobre).

Fonte: Autoria Própria (2026).

Tabela 4 – Média dos índices de porcentagem de germinação residual normalizado (IGN) dos bioindicadores nos pontos amostrais.

Bioindicadores	Campanha	Análise					
		P1	P2	P3	P4	CN ¹	CP ²
<i>L. sativa</i> (Alface)	1º	-0,20	-0,13	-0,10	-0,10	0,00	-1,0
	2º	-0,23	-0,05	-0,10	-0,15	-0,05	-1,0
<i>A. cepa</i> (Cebola)	1º	-0,08	-0,17	-0,14	-0,11	0,00	-0,17
	2º	0,09	-0,03	0,03	0,00	0,00	-0,29
<i>C. sativus</i> (Pepino)	1º	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	-0,68
	2º	-0,05	-0,03	0,00	-0,03	0,00	-0,75

CN¹ -- Controle Negativo (água destilada).

CP² -- Controle Positivo (Sulfato de Cobre).

Fonte: Autoria Própria (2025).

Tabela 5 – Média dos índices de porcentagem de alongamento radical residual normalizado (IER) dos bioindicadores nos pontos amostrais.

Bioindicadores	Campanha	Análise					
		P1	P2	P3	P4	CN ¹	CP ²
<i>L. sativa</i> (Alface)	1º	0,01	0,02	0,06	-0,10	0,00	-1,0
	2º	0,09	0,04	0,13	0,08	0,00	-1,0
<i>A. cepa</i> (Cebola)	1º	0,04	0,00	-0,05	0,03	1,00	-0,87
	2º	-0,04	-0,07	-0,05	-0,23	1,0	-0,91
<i>C. sativus</i> (Pepino)	1º	0,03	0,09	-0,01	0,00	0,00	-1,00
	2º	0,25	0,15	0,17	0,13	0,00	-1,00

CN¹ -- Controle Negativo (água destilada).

CP² -- Controle Positivo (Sulfato de Cobre).

Fonte: Autoria Própria (2025).

De forma geral, os resultados evidenciam a influência da urbanização e das interferências antrópicas sobre a qualidade da água na bacia do Ribeirão Cambé, destacando a importância do

monitoramento integrado por meio de análises físico-químicas, microbiológicas e bioensaios de toxicidade.

CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram que a pressão urbana exerce influência direta sobre a qualidade da água nos corpos hídricos da bacia do Ribeirão Cambé, evidenciada pelas alterações nos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e nos bioensaios de toxicidade. As campanhas realizadas em diferentes períodos sazonais destacaram a influência das condições climáticas sobre a dinâmica dos corpos hídricos, principalmente quanto à redução do oxigênio dissolvido e ao aumento dos indicadores microbiológicos no período chuvoso.

Destacou-se o Lago Igapó II, que apresentou maior comprometimento da qualidade da água em decorrência do lançamento irregular de esgoto doméstico, evidenciado pelos elevados valores de *Escherichia coli*, sinais de eutrofização e alterações visuais observadas durante as campanhas.

A abordagem integrada, utilizando análises físico-químicas, microbiológicas e bioensaios de toxicidade, mostrou-se eficiente para a identificação dos impactos ambientais e para a avaliação das condições da qualidade da água, contribuindo para o monitoramento e a gestão ambiental de bacias hidrográficas urbanas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e a CNPq pela concessão da bolsa de estudos e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA).

REFERÊNCIAS

3M do Brasil. 3M™ Petrifilm™ Aqua Heterotrophic Count. Sumaré-São Paulo. 2021.

3M do Brasil. 3M™ Petrifilm™ para Contagem de E.coli e Coliformes (EC). Sumaré-São Paulo. 2021.

ALMEIDA, L. M. et al. Conservação e monitoramento ambiental utilizando *Allium cepa* como indicadora de poluição das águas superficiais: uma revisão narrativa. In: OLIVEIRA, R. J.de. (Org). Águas e florestas: desafios para conservação e utilização. Guarujá: Científica Digital, 2021. p. 174-191 <https://dx.doi.org/10.37885/210303792>

ANA. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. 2. ed. São Paulo; Brasília: 2023. CETESB 456 p. ISBN 978-65-88101-50-6. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/10/Guia-nacional-de-coleta-e-preservacao-de-amostras-2012.pdf>. Acesso em: jun. de 2025.

BENINCA, André de Oliveira. Quantificação de resíduos recicláveis na drenagem urbana do lago Igapó I em Londrina – PR. 45 f. Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Ambiental Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina. 2021. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/27778/1/quantificacaoresiduosreciclaveis.pdf>. Acesso em: mar. de 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58–63. Acesso em: mar. de 2025.

BRITTO, F. B. et al. Surface water quality assessment of the main tributaries in the lower São Francisco River, Sergipe. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 23, e28, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.231820170061>. Acesso em: nov. de 2025.

CETESB. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem 2022. In: **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, Apêndice C., 68 p, 2022.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Bioindicadores – qualidade do solo. 2018. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/solo/bioindicadores/>. Acesso em: mar. de 2025.

ESTRADA-RIVERA, Andrés et al. The impact of Urbanization on Water Quality: Case Study on the Alto Atoyac Basin in Puebla, Mexico. Edição especial da Modern Water/ Air Quality Monitoring and Mapping for Sustainable Management, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14020667>. Acesso em: 29 de abr. de 2026.

GARCIAS, Aluizio Bezerra Júnior; AFONSO, Olivier François Vilpoux. Caracterização do uso e ocupação da terra em assentamentos rurais da região Centro-Oeste do Brasil. *Terr@ Plural*, v. 16, p. 1–18, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5212/TerraPlural.v.16.2219938.026>. Acesso em: mar. de 2025.

GOOGLE GEMINI. Infográfico descritivo do protocolo de bioensaio de toxicidade vegetal. [S. l.], 21 abr. 2026. Gerado por inteligência artificial. Disponível em: <https://gemini.google.com/>. Acesso em: 21 abr. 2026.

GONZÁLEZ, M.G.B. et al. Toxicity assessment using *Lactuca sativa* L. bioassay of the metal (loid)s As, Cu, Mn, Pb and Zn in soluble-in-water saturated soil extracts from an abandoned mining site. *Journal of soils and sediments*, v. 11, n. 2, p. 281- 289, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-010-0285-4>. Acesso em: mar. de 2025.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA - IAT. Sistema de informações hidrológicas. Londrina. 2025. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Sistema-de-Informacoes-Hidrologicas>. Acesso em: nov. de 2025.

SOUZA, F. P.; AZEVEDO, J. P. S. Panorama das lagoas urbanas no Rio de Janeiro: aspectos relevantes na gestão das Lagoas Rodrigo de Freitas, Araruama e Complexo Lagunar de Jacarepaguá. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 25, n. 1, p. 197–204, jan./fev. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522020147571>. Acesso em: mar. de 2025.

URATA, Stephanie L. et al. Protocolo de testes de toxicidade com sementes de *Allium cepa*. 2025. DOI: 10/5281/ZENODO.16814450. Acesso em: nov. de 2025.

WALTER, I.; MARTÍNEZ, F.; CALA, V. Heavy metal speciation and phytotoxic effects of three representative sewage sludges for agricultural uses. *Environmental Pollution*, v. 139, p. 507-514. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.05.020>. Acesso em: mar. de 2025.

YOUNG, B. J. et al. Toxicity of the effluent from an anaerobic bioreactor treating cereal residues on *Lactuca sativa*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 76, p. 182-186, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.09.019>. Acesso em: mar. de 2025.