

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**DAVID LUCAS ZEGOLAN MARCONDES**

**AÇÕES ANTRÓPICAS SOBRE O RIO DO CAMPO: POSSIBILIDADES PARA O  
DESENVOLVIMENTO DA RESPONSABILIDADE AMBIENTAL**

**CAMPO MOURÃO - PR**

**2025**

**DAVID LUCAS ZEGOLAN MARCONDES**

**AÇÕES ANTRÓPICAS SOBRE O RIO DO CAMPO: POSSIBILIDADES PARA O  
DESENVOLVIMENTO DA RESPONSABILIDADE AMBIENTAL**

**ANTHROPIC ACTIONS ON THE RIO DO CAMPO: POSSIBILITIES FOR THE  
DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL RESPONSIBILITY**

Dissertação apresentada como requisito para  
obtenção do título de Mestre em Gestão e  
Regulação dos Recursos Hídricos, da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Orientador: Adriano Lopes Romero.

**CAMPO MOURÃO - PR**

**2025**



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



DAVID LUCAS ZEGOLAN MARCONDES

**AÇÕES ANTRÓPICAS SOBRE O RIO DO CAMPO: POSSIBILIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO DA RESPONSABILIDADE AMBIENTAL**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Gestão E Regulação De Recursos Hídricos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Regulação E Governança De Recursos Hídricos.

Data de aprovação: 29 de Agosto de 2025

Dr. Adriano Lopes Romero, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Fernanda Bay Hurtado, Doutorado - Fundação Universidade Federal de Rondônia (Unir)

Dra. Rafaelle Bonzanini, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 29/08/2025.

Dedico este trabalho, primeiramente, a mim mesmo, pela resiliência e dedicação ao longo desta caminhada. À minha família, pelo amor, apoio e compreensão diante dos momentos de ausência. E ao meu orientador, pelo incentivo constante, orientação valiosa e por acreditar no meu potencial mesmo quando eu duvidei.

## AGRADECIMENTOS

Ao final desta etapa, olho para trás e reconheço que esta conquista foi construída com esforço, sacrifício e, sobretudo, com apoio.

Agradeço a mim mesmo, pela disciplina em conciliar uma rotina intensa de trabalho com os desafios da vida acadêmica. Pelas noites em claro, pela persistência diante do cansaço e pelas escolhas difíceis feitas em nome de um propósito maior.

À minha família, pelo amor incondicional e pela paciência diante das ausências. Vocês são o alicerce que me sustenta e a motivação que me impulsiona.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Adriano Lopes Romero, por acreditar no meu potencial, mesmo quando eu próprio hesitei. Sua orientação firme, suas críticas construtivas e sua disponibilidade foram fundamentais para que este trabalho alcançasse a forma que hoje apresenta.

Ao meu namorado, pelo companheirismo diário, pela escuta generosa e por estar ao meu lado mesmo nos momentos em que eu mais precisei de apoio e silêncio. Sua presença fez toda a diferença nesta jornada.

Aos colegas de jornada, que compartilharam comigo experiências, desafios e aprendizados, deixo meu respeito e gratidão.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para essa realização, o meu sincero obrigado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), através do Convênio CAPES/UNESP Nº. 951420/2023. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

*“No começo pensei que estivesse lutando para salvar seringueiras, depois pensei que estava lutando para salvar a Floresta Amazônica. Agora, percebo que estou lutando pela humanidade.”*

*Chico Mendes*

*Herói da Pátria e Patrono Nacional do Meio Ambiente*

*(Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, s.d., online)*

## RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo analisar a qualidade da água do Rio do Campo, localizado no município de Campo Mourão/PR, responsável por abastecer cerca de 67% da população com água tratada. Para isso, foram realizadas coletas de amostras em oito pontos distintos do rio, com posterior realização de análises físico-químicas, microbiológicas e bioensaios de germinação de sementes. O estudo fundamenta-se na necessidade de fortalecer a responsabilidade ambiental entre estudantes da Educação Básica e contribuir com políticas públicas voltadas à preservação dos recursos hídricos. Os dados indicaram que a nascente apresenta boa qualidade da água, sem grandes indícios de contaminação. No entanto, à medida que o rio atravessa áreas urbanas, sobretudo em dias de chuva, observa-se significativa degradação da qualidade da água, com presença de resíduos sólidos e matéria orgânica. Também foram analisados dois lagos artificiais formados pelo represamento do próprio rio, sendo um deles localizado no Parque Natural Municipal Joaquim Teodoro de Oliveira (popularmente conhecido como Parque do Lago), um dos espaços públicos mais frequentados da cidade. Como produto final, foi elaborada uma sequência didática com enfoque na Educação Ambiental, integrando aspectos ecológicos, sociais e econômicos, visando promover uma formação crítica e engajada que contribua para o desenvolvimento da responsabilidade ambiental de estudantes da Educação Básica em relação aos recursos hídricos.

Palavras-chave: Educação Ambiental; Bacia Hidrográfica do Rio do Campo; Recursos hídricos; Bioensaios.

## **ABSTRACT**

This study aimed to assess the water quality of the Rio do Campo, located in Campo Mourão/PR, which supplies approximately 67% of the population with treated water. Water samples were collected from eight distinct points along the river, followed by physical-chemical and microbiological analyses and seed germination bioassays. The research is grounded in the need to strengthen environmental responsibility among Basic Education students and contribute to public policies focused on preserving water resources. The data indicated that the river's spring presents good water quality, with no significant signs of contamination. However, as the river flows through urban areas - especially during rainy days - there is a noticeable degradation in water quality, with solid waste and organic matter. Two artificial lakes formed by damming the river were also analyzed, one is located in the Joaquim Teodoro de Oliveira Municipal Natural Park (commonly known as Parque do Lago), one of the city's most frequented public spaces. As a final product, a didactic sequence was developed emphasizing Environmental Education, integrating ecological, social, and economic aspects, aiming to foster critical and engaged learning that promotes environmental responsibility among Basic Education students regarding water resources.

**Keywords:** Environmental Education; Rio do Campo Hydrographic Basin; Water resources; Bioassays.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da bacia da Platina.....	24
Figura 2 - Mapa das bacias hidrográficas do Paraná.....	25
Figura 3 - Croqui representando o atual sistema de abastecimento de água em Campo Mourão/PR.....	26
Figura 4 - Croqui representando a previsão, para até 2025, do sistema de abastecimento de água em Campo Mourão/PR.....	27
Figura 5 - Pivô amplamente utilizado no sistema de irrigação.....	28
Figura 6 - Localização da bacia hidrográfica do Rio do Campo.....	37
Figura 7 - Localização dos pontos de coleta na bacia hidrográfica do Rio do Campo, Campo Mourão, Paraná, Brasil.....	38
Figura 8 - Registros fotográficos do ponto de coleta 1.....	39
Figura 9 - Registros fotográficos do ponto de coleta 2.....	39
Figura 10 - Registros fotográficos do ponto de coleta 3.....	40
Figura 11 - Registros fotográficos do ponto de coleta 4.....	41
Figura 12 - Parque Natural Municipal Joaquim Teodoro de Oliveira (Parque do Lago).....	41
Figura 13 - Revitalização do Parque do Lago de Campo Mourão.....	43
Figura 14 - Registros fotográficos do ponto de coleta 7.....	43
Figura 15 - Registro fotográfico do ponto de coleta 8.....	44
Figura 16 - Dados hidrometeorológicos para o contexto do Rio do Campo no ano de 2022.....	54
Figura 17 - Resultados das análises de pH em diferentes pontos de coleta no Rio do Campo, Campo Mourão/PR.....	59
Figura 18 - Mapa do uso do solo da Bacia do Rio do Campo.....	60
Figura 19 - Resultados das análises de OD em diferentes pontos de coleta no Rio do Campo, Campo Mourão/PR.....	62
Figura 20 - Resultados das análises de condutividade em diferentes pontos de coleta no Rio do Campo, Campo Mourão/PR.....	63
Figura 21 - Resultados das análises de turbidez em diferentes pontos de coleta no Rio do Campo, Campo Mourão/PR.....	64
Figura 22 - Resultados obtidos nos testes de germinação de couve-brócolis utilizando água mineral (controle, lado esquerdo) e amostra oriunda do PC4 (lado direito).....	75
Figura 23 - Etapas utilizadas na revisão sistemática.....	82
Figura 24 - Evolução das produções de dissertações e teses que versam acerca da Educação sobre os Recursos Hídricos.....	82
Figura 25 - Gráfico de análise de similitude formado a partir dos resumos das dissertações/teses selecionadas na revisão sistemática.....	84
Figura 26 - Nuvem de palavras formada pelos resumos das dissertações/teses selecionadas na revisão sistemática.....	86

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dados dos comitês de bacia hidrográfica do estado do Paraná.....	30
Quadro 2 - Dados das estações hidrometeorológicas consultadas.....	45
Quadro 3 - Protocolo para avaliação dos impactos ambientais macroscópicos em nascentes.....	46
Quadro 4 - Parâmetros para classificação das nascentes .....	46
Quadro 5 - Protocolo para avaliação dos impactos ambientais macroscópicos em rios .....	47
Quadro 6 - Etapas e ações realizadas para a análise do <i>corpus</i> de estudo.....	50
Quadro 7 - Observações acerca de alguns resultados e aspectos visuais das amostras coletas em três datas diferentes .....	52
Quadro 8 - Valores de pH em águas de nascentes com diferentes coberturas de terra e conservação da vegetação.....	61
Quadro 9 - Resultados das análises microbiológicas em diferentes pontos do Rio do Campo .....	65
Quadro 10 - Resultados da análise da ação antrópica na nascente do Rio do Campo .....	69
Quadro 11 - Resultados das análises das ações antrópicas em trechos do Rio do Campo.....	71
Quadro 12 - Possibilidade de implicações para práticas educativas a partir da análise dos trabalhos de Ramos <i>et al.</i> (2017) e Campos e Nucci (2019; 2021) .	73
Quadro 13 - Resultados do teste de germinação de sementes de couve-brócolis (Período de realização: 23/05/2022 - 06/06/2022) .....	74
Quadro 14 - Resultados da germinação de sementes de cebola (Período de realização: 30/05/2022 - 13/06/2022).....	76
Quadro 15 - Resultados da germinação de sementes de couve-brócolis (Período de realização: 13/06/2022 - 27/06/2022).....	78
Quadro 16 - Resultados da germinação de sementes cebola (Período de realização: 11/07/2022 - 25/07/2022).....	79
Quadro 17 - Resultados da germinação de couve-brócolis (Período de realização: 29/08/2022 - 12/09/2022).....	80
Quadro 18 - Possibilidade de implicações para práticas educativas a partir dos resultados oriundos da análise de similitude e da nuvem de palavras .....	87
Quadro 19 - Informações sobre as atividade práticas que compõem o produto educacional.....	89

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 - Dados hidrometeorológicos para o contexto do Rio do Campo no ano de 2022.....</b>	<b>53</b>
<b>Tabela 2 - Resultados das análises físico-químicas das amostras coletadas na nascente e em trechos do Rio do Campo, Campo Mourão/PR .....</b>	<b>55</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

APP – Área de Preservação Permanente

BDTD – Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

CBH – Comitê de Bacia Hidrográfica

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CR – Comprimento da Radícula

CC – Comprimento do Caulículo

DT – Dissertação ou Tese (identificador utilizado na categorização da revisão sistemática)

GI ou IG – Índice de Germinação

NMP – Número Mais Provável

OD – Oxigênio Dissolvido

ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

PBH – Plano de Bacia Hidrográfica

PCH – Pequena Central Hidrelétrica

PET – Polietileno Tereftalato (material plástico de garrafas descartáveis)

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

PRH – Política de Recursos Hídricos

RIUT – Repositório Institucional da Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

TM – Técnica dos Tubos Múltiplos

UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez

USEPA – United States Environmental Protection Agency

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## LISTA DE SÍMBOLOS

°C – Grau Celsius, unidade utilizada para expressar a temperatura da água durante as análises físico-químicas.

mg/L – Miligrama por litro, unidade que indica a concentração de substâncias dissolvidas, como oxigênio e coliformes, por volume de água.

µS/cm – Microsiemens por centímetro, unidade de medida da condutividade elétrica da água, relacionada à presença de íons dissolvidos.

UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez, usada para indicar o grau de turbidez da água com base na dispersão da luz.

mS – Milisiemens, unidade alternativa para medição da condutividade elétrica da água.

ppt – Partes por mil, utilizada para expressar a salinidade da água.

%GS – Percentual de Germinação de Sementes, expressa a proporção de sementes que germinaram em relação ao total testado.

%GRS – Percentual de Germinação Relativa de Sementes, compara a germinação nas amostras com a germinação do controle (água mineral).

%CRR – Percentual de Crescimento Relativo da Radícula, mede o crescimento da raiz das sementes expostas à amostra em relação ao controle.

%CRC – Percentual de Crescimento Relativo do Caulículo, mede o crescimento do caule das sementes expostas à amostra em relação ao controle.

IG – Índice de Germinação, parâmetro que combina germinação e crescimento das sementes para avaliar toxicidade da água.

NMP/100mL – Número Mais Provável por 100 mililitros, método estatístico utilizado para estimar a concentração de bactérias como coliformes em amostras de água

pH – Potencial hidrogeniônico, indica o nível de acidez ou alcalinidade da água, variando de 0 (ácida) a 14 (básica).

OD – Oxigênio Dissolvido, representa a quantidade de oxigênio disponível na água, essencial para a vida aquática e controle da qualidade ambiental.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	18
2	JUSTIFICATIVA.....	21
3	REVISÃO DA LITERATURA .....	24
3.1	O <i>locus</i> de pesquisa.....	24
3.2	Educação sobre os Recursos Hídricos .....	32
4	OBJETIVOS .....	36
3.3	Objetivo geral.....	36
3.4	Objetivos específicos.....	36
5	PERCURSO METODOLÓGICO .....	37
5.1	Caracterização do <i>locus</i> de pesquisa.....	37
5.2	Descrição dos pontos de coleta.....	38
5.3	Análises físico-químicas e microbiológicas da água do Rio do Campo .....	44
5.4	Dados hidrometeorológicos no contexto do Rio do Campo .....	45
5.5	Avaliação macroscópica sobre a nascente e trechos do Rio do Campo .....	45
5.6	Bioensaios com germinação de sementes .....	48
5.7	Revisão sistemática da literatura .....	49
5.8	Elaboração do material didático .....	50
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	52
6.1	Análises físico-químicas e microbiológicas .....	52
6.2	Ação antrópica na nascente do Rio do Campo (distrito de Piquirivaí) .....	68
6.3	Ação antrópica em trechos do Rio do Campo .....	70
6.4	Bioensaios de germinação de sementes .....	74
6.5	Revisão sistemática da literatura .....	81
6.6	Produto educacional desenvolvido .....	89
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	92
	REFERÊNCIAS.....	94

## 1 INTRODUÇÃO

O presente estudo se insere no âmbito da Educação para os Recursos Hídricos (Mello *et al.*, 2018; Mendes *et al.*, 2018) e parte da premissa que, seja qual for a prática, e na medida em que ele atua sobre a terra, o homem é, por si só, um componente do equilíbrio da bacia hidrográfica, pois pode modificar um ou mais dos fatores ambientais que contribuem para esse equilíbrio. Ele pode, é claro, aumentar a estabilidade da bacia hidrográfica; mas, com maior frequência, ele é uma força destrutiva, tornando a bacia mais suscetível a mudanças que desestabilizarão o equilíbrio (Ferguson, 1987; Carvalho *et al.*, 2022; Oliveira *et al.*, 2023).

Devido à longa história e à ampla distribuição da atividade humana na maior parte das áreas habitáveis da superfície terrestre, é provável que poucos rios não tenham sido afetados de alguma forma e em algum grau por modificações induzidas pelo homem. Até mesmo cursos d'água em áreas que não sofreram diretamente o impacto do homem podem apresentar evidências de mudanças induzidas, pois a continuidade espacial do sistema fluvial permite que os efeitos das alterações no fluxo de água e na produção de sedimentos sejam transmitidos para jusante, potencialmente por distâncias consideráveis. Como previsto por Park (1981), uma das tarefas mais desafiadoras para os estudiosos de sistemas fluviais no futuro seja desenvolver abordagens adequadas para identificar e quantificar os ajustes fluviais que foram instigados por mudanças induzidas pelo homem, sejam elas de natureza direta ou indireta.

Como base no exposto, há muitos anos a literatura especializada têm indicado a água como um recurso natural finito que sofre grande influência das ações antrópicas, impactando na qualidade do Meio Ambiente e na saúde dos animais, inclusive do ser humano (Linton, 1968; Musie; Gonfa, 2023). Rios que possuem trechos localizados em áreas urbanas estão suscetíveis a várias formas de poluição, pelo descarte de efluente doméstico e diferentes tipos de resíduos (Silva; Souza, 2013; Pessoa; Orrico; Lordêlo, 2018). Uma forma de mitigar esse problema é o desenvolvimento de ações educativas contínuas, seja em espaços escolarizados ou não escolarizados, que levem as pessoas a alcançarem objetivos de Educação Ambiental mais amplos, indo ao encontro do que a literatura especializada denomina de cidadania ambiental (Sato, 2002; Higuchi; Azevedo, 2004).

Smyth (1995), baseado nos fundamentos da taxonomia objetivos educacionais de Bloom, idealizou cinco objetivos de aprendizagem relacionados à Educação Ambiental (Sato, 2002):

- ✓ *Sensibilização ambiental*: Trata-se de um processo de “chamamento”, de olhar numa direção antes distante do campo de motivação. É um dos primeiros momentos do processo educativo que insere o educando num mundo que se quer ver (re)descoberto, ou simplesmente notado. Muitos programas, equivocadamente consideram este momento como completo e alavancador de novas condutas.
- ✓ *Compreensão ambiental*: Processo que estabelece a divulgação com informações específicas sobre o ecossistema e seus elementos constituintes, suas características, funcionamento e relações biofísicas.
- ✓ *Responsabilidade ambiental*: Processo de reflexão no sentido de colocar-se como membro constituinte do ecossistema e protagonista da transformação, modificação, organização, manutenção, preservação do ecossistema, seja em nível de micro ou macroabrangência.
- ✓ *Competência ambiental*: Envolve processos educativos que visem à construção de capacidades de avaliar e agir de forma proativa no ambiente.
- ✓ *Cidadania ambiental*: Envolve ações de efetiva participação e de mobilização, com outras pessoas, na busca de soluções aos problemas da relação pessoa/ambiente, ou na prevenção de possíveis riscos ambientais a partir de comportamentos ecologicamente desequilibrados.

No contexto apresentado, a presente pesquisa de mestrado teve como objetivo avaliar o efeito das ações antrópicas na qualidade do Rio do Campo, que possui grande extensão localizada na área urbana do município de Campo Mourão/PR, e elaborar um material didático que contribua para o desenvolvimento da responsabilidade ambiental em estudantes da Educação Básica.

Com o objetivo de organizar o conteúdo de forma clara e sistemática, a presente dissertação está estruturada em seis seções. Após esta breve introdução, a seção 2 apresenta a justificativa da pesquisa. Na seção 3 são discutidos o referencial

teórico, bem como informações sobre o *locus* de pesquisa e alguns aspectos relacionados à Educação sobre os Recursos Hídricos. A seção 4 apresenta o percurso metodológico adotado. Na seção 5 são apresentados os resultados obtidos e a respectiva discussão. Por fim, a seção 6 traz as considerações finais do trabalho.

## 2 JUSTIFICATIVA

Considerando a inserção do ProfªÁgua - polo UTFPR principalmente na região de Campo Mourão e a atuação do mestrando/orientador no projeto de pesquisa *Educação em Ciências Crítica: possibilidades e limitações para espaços escolarizados e não escolarizados*, o presente trabalho foi desenvolvido com o intuito de contribuir com o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Campo Mourão, previsto para o período de 2017 a 2047. O referido plano informa que serão implantadas, em parceria com prefeitura e sociedade civil, ações para fazer a conscientização ambiental e socioambiental objetivando a melhoria da qualidade de vida de todos. Entre as nove diretrizes que compõem o plano está a “IX - Promoção de programas de educação sanitária e ambiental” (Campo Mourão, 2018, p. 7).

O plano prevê, entre os objetivos e metas para o sistema de abastecimento de água do município de Campo Mourão, dois objetivos relacionados aos recursos hídricos: (i) “Uso Racional da Água. Implantar, em conjunto com a sociedade civil, Programa de Educação Socioambiental visando incentivar o uso racional da água” (Campo Mourão, 2018, p. 134); (II) “Conservação dos Mananciais. Implantar e manter de forma permanente e integrada com os Comitês de Bacia Hidrográfica, órgãos governamentais municipais e estaduais e sociedade civil, Programa de Conservação dos Mananciais de Abastecimento atuais e futuros” (Campo Mourão, 2018, p. 134).

Entre as diretrizes e estratégias de ação para o saneamento básico no município de Campo Mourão é pontuado:

Desenvolver educação socioambiental tendo como premissa a participação da comunidade no processo de promoção de mudanças, objetivando a melhoria da qualidade de vida de todos e a conformação de um ambiente sustentável para as presentes e futuras gerações (Campo Mourão, 2018, p. 152).

O PMSB justifica a importância da realização de ações de Educação Socioambiental, ao considerar que:

Um ambiente não saneado implica na proliferação de vetores e doenças de veiculação hídrica, consumindo recursos públicos em ações curativas. Assim, para a reversão desse quadro é preciso desenvolver na sociedade a preocupação com o equilíbrio ecológico e ambiental em função das atividades humanas, por meio de um programa de educação socioambiental a fim de minimizar os impactos ambientais. A sociedade deve ser orientada a garantir

a sustentabilidade ambiental, econômica e social, primeiramente no meio ambiente no qual está inserida (Campo Mourão, 2018, p. 155).

As considerações apresentadas no PMSB podem servir de orientação para o desenvolvimento de ações educativas visando a Educação Socioambiental, em especial a relacionada aos recursos hídricos do município. Podemos observar que, as perspectivas apresentadas no PMSB vão ao encontro do conhecimento sistematizado da área de Educação Ambiental, que pontua que:

A sociedade contemporânea busca atualmente reverter os graves danos causados ao planeta e que afetam diretamente nosso modo de vida. Este paradigma se deve a uma percepção social e ambiental dicotomizada e que fragmenta a nossa integração e responsabilidade perante este planeta, e com a intervenção de uma hermenêutica ambiental, vem mudar a visão do ser humano sobre si mesmo, a coletividade e sobre a Terra, [...] transmutando Educação Ambiental em Educação Socioambiental, gerando assim, a sensibilização necessária para tomada de consciência, com vistas à preservação e conservação dos recursos naturais (Córdula; Nascimento, 2013, p. 18).

Não levando em considerando as aproximações e distanciamentos das concepções de Educação Ambiental e Educação Socioambiental, a literatura especializada tem reportado que:

A preocupação com a crescente e acelerada degradação do meio ambiente e o comprometimento da qualidade de vida das gerações futuras, ambos relacionados à ação humana, levaram ao surgimento da necessidade de estudar a interação do homem com o meio ambiente, com o intuito de formalizar estratégias por meio da Educação Ambiental Escolar, que sejam capazes de mobilizar e conscientizar os estudantes em relação aos seus hábitos e ao impacto destes na qualidade de vida do coletivo, no intuito de evidenciar uma consciência ecologia [sic] e um cuidado maior pelos nossos recursos naturais, antes que seja tarde demais (Miguel; Centenaro, 2018, p. 31).

Os referidos autores, ao realizarem um estudo com 100 estudantes oriundos do Ensino Médio, concluíram que o desenvolvimento de ações educativas de Educação Ambiental tem “[...] o poder de transformar os nossos estudantes em pessoas com percepção e consciência socioambiental, com a possibilidade de que, no futuro, tenhamos uma sociedade impregnada de valores e de conhecimento ético e ambiental” (Miguel; Centenaro, 2018, p. 1).

Entre os vários temas ambientais, os relacionados aos recursos hídricos têm atraído considerável atenção nos últimos anos, sendo incluído como um dos Objetivos

do Desenvolvimento Sustentável (ODS). Trata-se do ODS 6 - Água potável e saneamento, que tem como meta garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos. Reconhecendo que as ações antrópicas têm afetado negativamente a qualidade e disponibilidade de água, chamamos a atenção para os rios urbanos. Esses corpos d'água, que antes de adentrar o espaço urbano sofrem influência de ações antrópicas relacionadas a produções agropecuárias, são impactados por variadas ações ao longo da cidade, tais como descarte incorreto de lixo, esgoto residencial, industrial, entre outros (Krawczyk *et al.*, 2023).

Desta forma, considerando a importância de se desenvolver Educação Socioambiental focadas no contexto de vivência do público-alvo, justifica-se a necessidade de buscar conhecer o Rio do Campo por meio de suas características físico-químicas, microbiológicas e como a qualidade da água desse rio é influenciada pelas ações antrópicas. Esse corpo de conhecimento é essencial para a produção de materiais didáticos contextuais, que sejam próprios da realidade vivenciada pelo educando.

E essa foi a perspectiva utilizada para a produção do material didático nesta pesquisa de mestrado, que foi desenvolvido com base em processos cognitivos relacionados à aprendizagem e aos objetivos da Educação Ambiental. O público-alvo do material didático é composto por professores que lecionam Ciências nos anos finais do Ensino Fundamental e/ou Química no Ensino Médio. Espera-se que ele contribua para o desenvolvimento da responsabilidade ambiental dos estudantes, com ênfase na compreensão dos impactos decorrentes das ações antrópicas sobre o Rio do Campo.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

A presente seção está dividida em duas partes, na subseção 3.1 apresentamos dados da literatura concernentes ao *locus* de pesquisa, os recursos hídricos localizados em Campo Mourão/PR, com foco principal para o Rio do Campo. Na subseção 3.2 apresentamos alguns aspectos da Educação sobre os Recursos Hídricos.

#### 3.1 O *locus* de pesquisa

O Paraná é um estado localizado na região sul do Brasil, e sua bacia hidrográfica é a bacia da Platina (Figura 1) que nasce na região Centro-Oeste da América Latina, percorrendo os estados de São Paulo, Goiás, Distrito federal, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

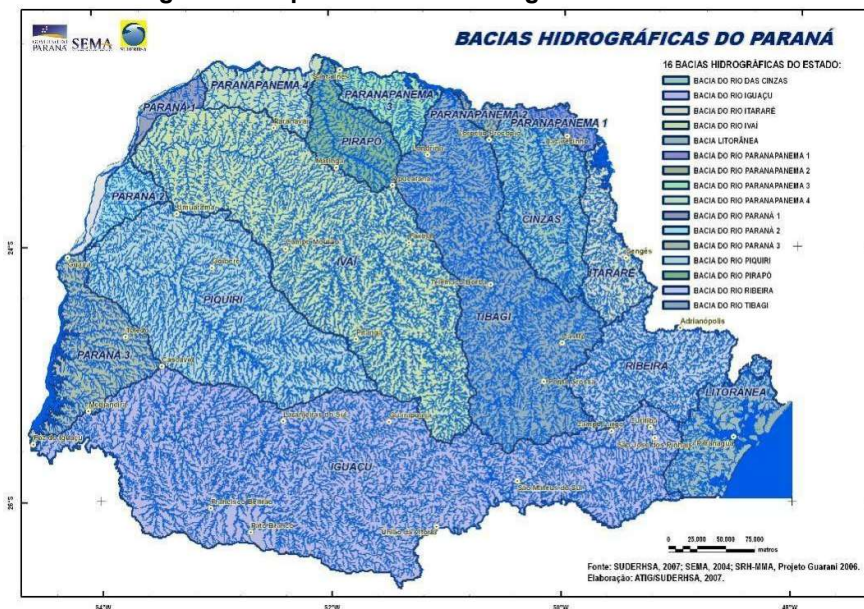
**Figura 1 - Localização da bacia da Platina**



Fonte: Soares (2019, online)

A bacia da Platina é constituída pelas bacias do Paraguai, bacia do Uruguai e a bacia do Paraná (Macedo, 2019). Na Figura 2 é apresentado um mapa indicando as bacias hidrográficas do Paraná.

Figura 2 - Mapa das bacias hidrográficas do Paraná



Fonte: SUDERHSA (2027, online)

É importante esclarecer que, bacia hidrográfica segundo Paz (2004, p. 15):

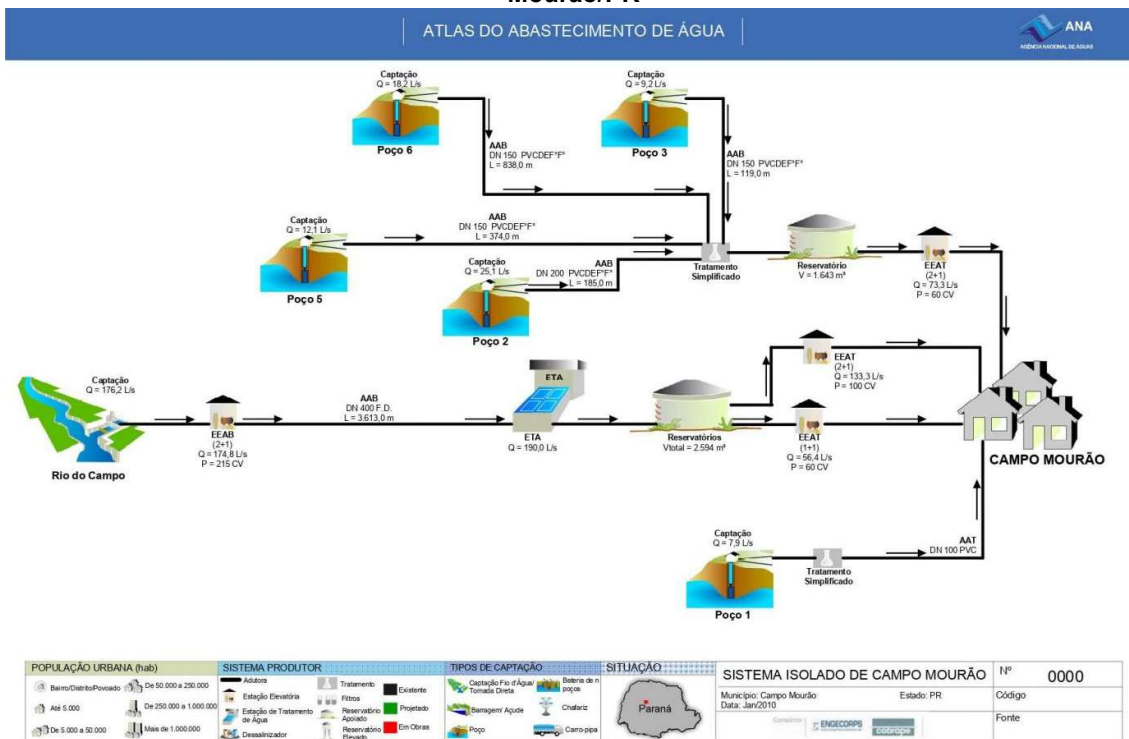
[...] é usada para denotar a área de captação natural da água de precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, que é chamado de exutório. A bacia é constituída por um conjunto de superfícies vertentes - terreno sobre o qual escoam a água precipitada - e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar um leito único no exutório.

Entre os municípios paranaenses, Campo Mourão está localizado na região centro-oeste do estado, com cerca de 103.340 habitantes, e uma extensão territorial de 749,637 km<sup>2</sup>, sendo parte da Comunidade dos Municípios da Região de Campo Mourão (COMCAM), que possui vinte e cinco municípios e cerca de 348.796 habitantes (IBGE, 2024). Suas principais bacias hidrográficas são: bacia do Piquiri e bacia do Ivaí, que abrangem 90% da região. A cidade possui três rios importantes: Rio Mourão, que corta a cidade de sul a norte, possui a maior vazão associada à topografia da região e possui duas Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH); Rio do Km 119, no qual ocorre a diluição de uma parte do esgoto tratado; e Rio do Campo, que fornece 67% da água, sendo o principal manancial de abastecimento para o município e também no qual é destinado (Campo Mourão, 2018).

A cidade de Campo Mourão possui um sistema de abastecimento de água misto, ou seja, a coleta para tratamento da água potável ocorre de três formas:

superficial que é a captação do Rio do Campo, cinco captações subterrâneas proveniente de poços artesianos e dez cisternas espelhadas em alguns bairros da cidade e uma estação de tratamento convencional. Na Figura 3 é apresentado um croqui do sistema de abastecimento de Campo Mourão informado em 2015.

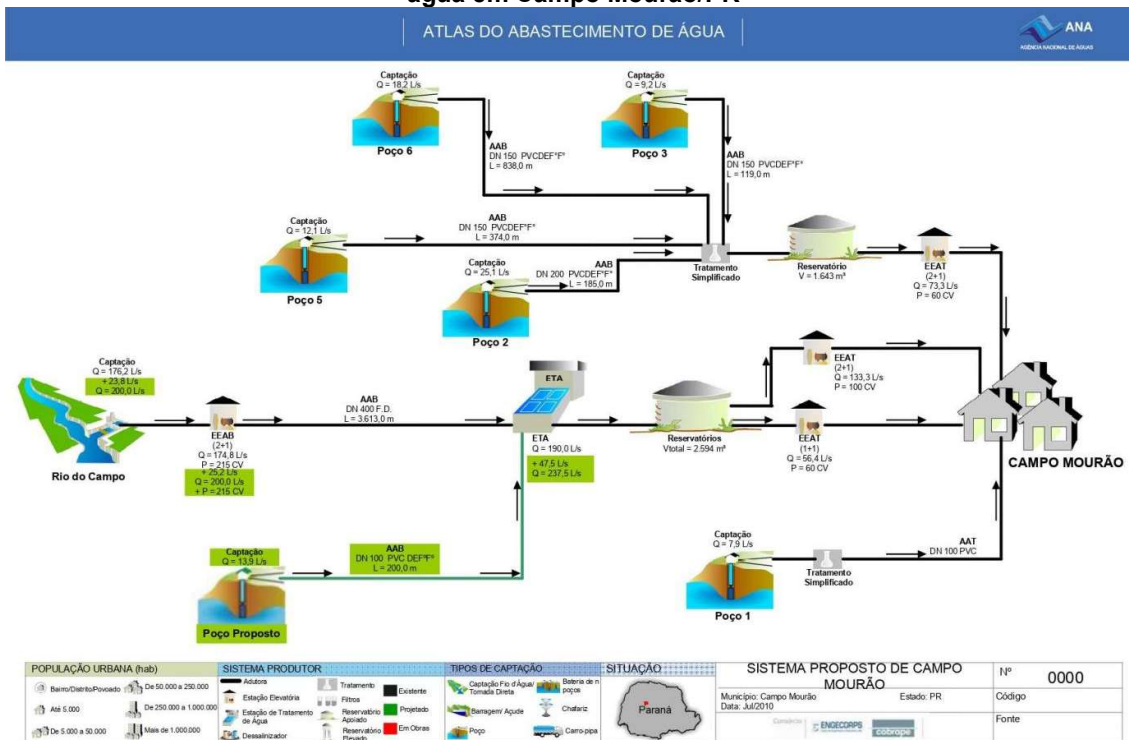
**Figura 3 - Croqui representando o atual sistema de abastecimento de água em Campo Mourão/PR**



Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2023)

Na Figura 4 é apresentado um croqui projetando, para até 2035, a ampliação do sistema de abastecimento de água em Campo Mourão/PR.

**Figura 4 - Croqui representando a previsão, para até 2025, do sistema de abastecimento de água em Campo Mourão/PR**



Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2023)

Como pode observado, ao comparar as Figuras 3 e 4, para atender ao aumento do consumo de água na cidade, é previsto o aumento da captação de água no Rio do Campo, assim como a perfuração de mais um poço. Ao considerar um sistema de abastecimento é importante conhecer fatores de vulnerabilidade, no caso de Campo Mourão:

[...] três fatores contribuem com a vulnerabilidade do sistema de abastecimento: 1) o predomínio da agricultura intensiva em toda bacia; 2) a localização da área urbana do distrito de Piquirivai em área de nascentes do rio do Campo; 3) a localização do Parque Industrial próximo à unidade de captação de água (Campo Mourão, 2018, p. 79).

Em relação ao predomínio da agricultura intensiva, é válido mencionar que esse fator é comum para a grande maioria dos municípios paranaenses. Tal fato é explicado pelo estado do Paraná ter grande parte de sua receita gerada pela produção agroindustrial, com um volume de 37,074 milhões de toneladas de grãos por ano, montante que o posiciona como o segundo maior produtor de grãos do Brasil, ficando atrás apenas do Mato Grosso (Sorriso, 2019). Para mitigar os efeitos indesejados da agricultura intensiva nos recursos hídricos torna-se necessário adotar ações que

contribuam para o desenvolvimento da conscientização ambiental da população. Essa necessidade se dá especialmente em relação ao consumo de água e à proteção das nascentes, incluindo a qualidade da água potável, uma vez que essa produção demanda um consumo considerável de recursos hídricos na região (Taques *et al.*, 2022).

A agricultura intensiva impacta também no uso de água das bacias hidrográficas e esse uso tende a aumentar. No Paraná, por exemplo, em 2024, o atual governador do estado, Carlos Massa Ratinho Junior, criou o programa Irriga Paraná (Figura 5), que tem como objetivo disponibilizar uma linha de crédito de R\$ 150 milhões para a ampliação do sistema de irrigação em 20%. O acesso a essa linha de crédito será destinado às grandes propriedades produtoras de grãos. Segundo o governo, essa medida visa reduzir as perdas na produção agrícola, que, nos últimos cinco anos, foram estimadas em aproximadamente R\$ 40 bilhões devido às crises climáticas.

**Figura 5 - Pivô amplamente utilizado no sistema de irrigação**



**Fonte: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (2024)**

Para validar essa proposta, o estado apresenta um exemplo de um sistema já implantado, demonstrando sua eficácia na mitigação dos impactos climáticos sobre a produção agrícola.

**EXEMPLO** – O produtor rural Luis Henrique Escarmanhani tem uma propriedade de 110 alqueires em Alto Paraná, na região Noroeste, cuja maior parcela é destinada à agropecuária. Parte da área, de aproximadamente 23

alqueires, é usada para a produção de soja no verão e pasto no inverno, e passou a contar com um sistema de irrigação por pivô central, buscando otimizar a criação de gado.

Ele explica que a instalação levou em conta a topografia do terreno e, apesar do custo, a irrigação teve impacto positivo na produtividade. “Com o que investi na irrigação, eu compraria mais 12 alqueiras de terra, mas improdutivas”, conta ele. “A irrigação traz mais produtividade na área que eu já tenho. O que importa é a quantidade de matéria verde que tenho para tratar meu gado. No fim, tenho uma produtividade maior em 20 alqueires irrigados do que teria em 50 alqueires sem irrigação” (Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná, 2024).

A notícia em questão não indica se os comitês de bacia tiveram alguma participação no estudo do impacto da ampliação do sistema de irrigação. No entanto, vale salientar que o 12º Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) do Médio Iguaçu foi criado em 2024, somando-se aos 11 já existentes. Com essa nova criação, o estado do Paraná atingiu 100% de cobertura de suas bacias hidrográficas (Paraná, 2024), um marco significativo, visto que os CBHs são responsáveis pela elaboração dos Planos de Bacia Hidrográfica (PBH). Esse instrumento é fundamental para a gestão e o uso sustentável da água, tendo como base duas Políticas de Recursos Hídricos (PRH).

A primeira é a Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, com os seguintes objetivos:

Art. 2º – São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- I – Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- II – Garantir a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- III – Implementar a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos, sejam eles de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais;
- IV – Incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais (Brasil, 1997).

A segunda é a Lei Estadual nº 12.726, de 26 de novembro de 1999, que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos, criando o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com três objetivos principais:

Art. 3º – São objetivos da Política Estadual de Recursos Hídricos:

- I – Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de águas em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- II – Promover a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, visando ao desenvolvimento sustentável;
- III – Implementar a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos,

sejam eles de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais (Paraná, 1999).

Essas leis têm como principal objetivo a proteção dos rios e nascentes, além de garantir que a água seja um bem de uso comum, acessível a toda a população, e não apenas aos grandes produtores agrícolas. Nesse contexto, os Comitês de Bacia Hidrográfica desempenham um papel essencial na preservação e gestão sustentável dos recursos hídricos. Entretanto, o último relatório dos Comitês de Bacia Hidrográfica (Quadro 1), publicado em 2022, disponível no site do Observatório das Águas (<https://observatoriodasaguas.org.br/comites-de-bacias-hidrograficas-do-estado-do-parana-crises-hidricas-e-empreendimentos-hidreletricos/>), indica que sete comitês ainda não possuem planos de bacia aprovados. Além disso, apenas um deles realiza a cobrança pelo uso da água, mas os recursos arrecadados não podem ser utilizados, pois estão sendo retidos pelo Estado. Essa situação é evidenciada no quadro a seguir.

**Quadro 1 - Dados dos comitês de bacia hidrográfica do estado do Paraná**

Bacia	Composição	Ano de Criação/aprovação	Ano de Aprovação	Ano do Plano	Ano do Enquadramento	Cobrança	Aplicação dos Recursos
Tibagi	40 membros: 14 poder público; 16 setor usuários; 10 sociedade civil	2001	2002	2013	2016	n.i.	n.i.
Jordão	23 membros: 9 poder público; 9 setor usuários; 5 sociedade civil	2001	2002	-	1992	n.i.	n.i.
Coaliar	38 membros: 12 poder público; 14 setor usuários; 12 sociedade civil	2001	2005	2013	2013	2018	Não aplicado. Retido pelo Estado
Paraná III	33 membros: 13 poder público; 13 setor usuários; 7 sociedade civil	2002	2007	2019	2020	n.i.	n.i.
Piraponema	40 membros: 16 poder público; 16 setor usuários; 8 sociedade civil	2008	2008	n.i.	2019	n.i.	n.i.

Norte Pioneiro	35 membros: 14 poder público; 13 setor usuários; 8 sociedade civil	2008	2009	2017	2017	n.i.	n.i.
Baixo Ivaí e Paraná I	40 membros: 15 poder público; 16 setor usuários; 9 sociedade civil	2010	2011	2019	2019	n.i.	n.i.
Litorânea	30 membros: 11 poder público; 10 setor usuários; 9 sociedade civil	2010	2012	n.i.	2019	n.i.	n.i.
Baixo Iguaçu	32 membros: 10 poder público; 12 setor usuários; 10 sociedade civil	2012	2013	n.i.	1992	n.i.	n.i.
Alto Ivaí	29 membros: 11 poder público; 10 setor usuários; 8 sociedade civil	2012	2013	n.i.	1992	n.i.	n.i.
Piquiri e Paraná II	28 membros: 10 poder público; 11 setor usuários; 7 sociedade civil	2012	2013	n.i.	1992	n.i.	n.i.
Médio Iguaçu	Não criado	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.

n.i. = Não informado.

Fonte: Observatório das Águas (2022)

O cenário representado no Quadro 1 indica que o Estado está enfraquecendo a fiscalização e ampliando o uso da água sem cobrança pelo seu uso, favorecendo os grandes produtores rurais na irrigação.

O Plano Municipal de Saneamento Básico Água e Esgoto do Município de Campo Mourão - Paraná traz em vários momentos a ideia de implementações de ações e projetos para a conscientização ambiental da comunidade, a fim de prevenir e alertar a sociedade sobre como proteger os rios e nascentes (Campo Mourão, 2018), o não desperdício de água potável e criação de projeto:

Visando incentivar o uso racional da água, serão implementadas ações de Programa de Educação Socioambiental com base na metodologia adotada pela prestadora de serviços de abastecimento de água e de esgoto, em parceria com a Prefeitura local e a sociedade civil (Campo Mourão, 2018, p. 134).

Nesse contexto, as instituições de ensino superior, por meio de ações de extensão universitária, podem atuar como catalisadoras no processo de

conscientização ambiental, contribuindo com o desenvolvimento de projetos de interesse da (e para a) comunidade.

Em outro aspecto do saneamento básico, em especial o tratamento de esgoto, o Brasil deixa a desejar, a média é de 55,8% de atendimento à população total, conforme o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), com ano de referência 2021 (Trata Brasil, 2023). O estado do Paraná possui uma média de atendimento de 80,7% dos 399 municípios. A companhia de água Sanepar atua em 345 municípios do estado, possuindo 249 estações de tratamento de esgoto e 37 mil quilômetros de rede de coleta deste serviço. Das 11 milhões de pessoas do estado, 9,4 milhões são atendidas com rede de esgoto em suas residências (Sanepar, 2020). Em 2017, 87,74% das casas de Campo Mourão estavam ligadas ao sistema de esgoto, alguns bairros afastados do centro da cidade como: Vila Guarujá, Jardim Nossa Senhora Aparecida e Jardim Modelo ainda não são atendidas por este serviço essencial (Campo Mourão, 2018).

Vale lembrar que em locais que não contam com atendimento de esgoto, as fossas sépticas são, geralmente, adotadas para solucionar o problema do esgoto, o que pode se tornar inconveniente se vier a contaminar o lençol freático. Tal problema ocorre porque a fossa permite a saída de líquido isento de matérias descartáveis e flutuantes, mas com odor desagradável devido a decomposição, e grande quantidade de bactérias (Cunha; Severiano Junior, 2018).

### 3.2 Educação sobre os Recursos Hídricos

A água e os recursos hídricos são, há muito tempo, conteúdos curriculares na Educação Básica. No entanto, faz cerca de 20 anos que podemos afirmar a existência de um movimento educativo para refletir/estudar em profundidade, não apenas em aspectos conceituais, a água e os recursos hídricos. Bacci e Pataca, (2008, p. 226, grifos nossos), por exemplo, defendem que “[...] a educação para a água deva ser realizada a partir da abordagem das **dimensões espacial e temporal**, considerando nesta última o tempo geológico e a história humana”. Segundo as autoras,

A educação para a água não pode [...] estar centrada apenas nos usos que fazemos dela, mas na visão de que a água é um bem que pertence a um sistema maior, integrado, que é um ciclo dinâmico sujeito às interferências humanas. Compreender a origem da água, o ciclo hidrológico, a dinâmica fluvial e o fenômeno das cheias, os aquíferos, bem como os riscos geológicos

associados aos processos naturais (assoreamento, enchentes) é essencial para que possamos entender a dinâmica da hidrosfera e suas relações com as demais esferas terrestres (Bacci; Pataca, 2008, p. 217, grifos nossos).

Na mesma perspectiva, D'elia, Arruda e Bulbovas (2020, p. 106) argumentam que “conscientizar a população da necessidade de preservar os Recursos Hídricos, representados pela água dos rios, das nascentes e dos oceanos, é tarefa de todas as áreas e, uma das soluções pode estar na área educacional”. A importância da Educação sobre os Recursos Hídricos é apresentada explicitamente na linha de pesquisa “2.1 - Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos” do ProfÁgua:

[...] Para a gestão descentralizada e participativa das águas faz-se necessário conferir sustentabilidade social e participativa para os modelos já implantados ou a proposição de novos modelos, considerando: Instâncias participativas, Gestão de Conflitos, Mobilização, Negociação e Arbitragem, **Educação para a Gestão de Recursos Hídricos** e Comunicação Social.

Neste contexto, considera-se que uma gestão adequada dos recursos hídricos requer ações educativas voltadas especificamente para a compreensão e preservação desses recursos. Assim, diante da relevância e ainda incipiente desenvolvimento dessa área, têm surgido, a partir do arcabouço teórico-metodológico da Educação Ambiental, diversas terminologias e enfoques em artigos de circulação nacional. Essas propostas refletem diferentes perspectivas sobre a integração entre educação e gestão hídrica, evidenciando a necessidade de maior aprofundamento teórico e prático nesse campo: Educação para os Recursos Hídricos (Mello *et al.*, 2018; Mendes *et al.*, 2018; Souza; Carvalho, 2023); Educação Ambiental aplicada aos Recursos Hídricos (Pereira Júnior *et al.*, 2022); Educação Ambiental e Sustentabilidade dos Recursos Hídricos (Cunha; Carvalho, 2019); Educação em Recursos Hídricos (Menezes, 2019); Educação Ambiental em Recursos Hídricos (Silva, 2018); Educação para a Água (Bacci; Pataca, 2008).

Diferentes tipos de estratégias e recursos didáticos têm sido utilizados em práticas educativas de Educação Ambiental, tais como cartilha, revistas, mapas, desenhos, quadrinhos, filmes, jogos didáticos, fotografias (Silva; Egídio; Colete, 2022; Gomes; Freitas; Figueiredo, 2024) e atividades experimentais (Pereira; Rodrigues; Santos, 2010; Lelis *et al.*, 2022).

Entre os recursos didáticos do tipo atividades experimentais, chamamos a atenção para os vários bioensaios reportados na literatura (Lin; Xing, 2007; Soares *et*

*al.*, 2016; Marcondes *et al.*, 2019), em especial o que envolve o teste de germinação de sementes, que tem atraído muita atenção de pesquisadores focados em diferentes problemas de cunho ambiental.

Segundo Luo *et al.* (2018), o índice de germinação de sementes (IG) foi inicialmente proposto na década de 1980, sendo calculado utilizando dados de comprimento da radícula e porcentagem de germinação das sementes na amostra (extrato contendo uma ou mais substâncias químicas) em comparação com o controle (por exemplo, água deionizada). O IG está correlacionado com alguns outros índices biológicos e químicos para avaliar a qualidade de substâncias químicas. Existem estudos mostrando que o IG foi positivamente correlacionado com o índice biológico do teste de citotoxicidade em *Artemia salina* para avaliar a toxicidade de substâncias químicas. Além disso, o IG está positivamente correlacionado com os parâmetros de humificação e negativamente correlacionado com o conteúdo de  $\text{NH}_4^+$ . Portanto, o teste de germinação de sementes tem sido amplamente aceito para avaliar a qualidade de substâncias químicas. Na Itália, o IG está listado no regulamento de avaliação de qualidade de substâncias químicas para comercialização (Cesaro *et al.*, 2015).

A germinação de sementes tem sido amplamente utilizada como bioensaio para avaliar a toxicidade de substâncias químicas e amostras de água, tanto em pesquisas científicas quanto em contextos educativos. Diante disso, considera-se pertinente compreender o funcionamento desse bioensaio, especialmente em sua aplicação para a análise de impactos ambientais e educacionais. Segundo Luo *et al.* (2018), a germinação das sementes como um evento aleatório e possível de modelar estatisticamente. Segundo os referidos autores, com o aumento do número de sementes-teste, a frequência de ocorrência de sementes germinadas se aproximará gradativamente de um valor estável, ou seja, a probabilidade (P) que representa a viabilidade das sementes selecionadas. Geralmente, adota-se como P a frequência de germinação ou porcentagem em relação a mil sementes. Supondo que se use um lote de sementes comerciais com porcentagem de germinação de 90%, testes adequados podem ser realizados com dez sementes por placa de Petri. É bem conhecido que a probabilidade do número de sementes germinadas está sujeita à distribuição binomial. Assim, resolvendo a distribuição binomial de dez sementes por placa de Petri, os resultados indicam que cerca de 99% das placas de Petri conteriam

de sete a dez sementes germinadas, e há baixa probabilidade ( $<0,0001$ ) de observar menos de cinco sementes germinadas em uma placa de Petri. De acordo com o princípio do evento de pequena probabilidade ( $\alpha = 0,05$ ), o caso de o número de sementes germinadas ser menor que sete em dez sementes não ocorre em um teste ( $P < 0,05$ ). Se o fizer na placa de Petri da amostra, significa que a germinação da semente está inibida; se o fizer na placa de Petri do controle, significa que a semente selecionada é indesejável para o teste.

Atualmente existem três pontos de vista na análise e julgamento dos resultados do teste de germinação de sementes. Primeiro, o GI é amplamente adotado porque combina germinação relativa de sementes (GRS) com crescimento relativo da radícula (CRR), os quais podem refletir a toxicidade da substância química. Em segundo lugar, o CRR é um indicador mais sensível do que o GRS à toxicidade, portanto, o CRR é usado sozinho. Em terceiro lugar, o nível tóxico da substância química que inibe a germinação das sementes é maior do que o que inibe o alongamento da radícula, portanto GRS e CRR são usados para avaliar a toxicidade separadamente. Ou seja, se a substância química inibe a germinação das sementes, não é necessário avaliar o efeito dela no alongamento da radícula; caso contrário, o efeito na radícula precisa ser avaliado (Luo *et al.*, 2018).

Além disso, o tempo de germinação das sementes geralmente é de vários dias em condições adequadas, que podem ser morfológicamente divididas em três fases que consistem na fase I (embebição), fase II (emergência da radícula) e fase III (alongamento da radícula). A absorção de água é o principal processo de germinação das sementes durante a fase I, que pode ser afetada negativamente pela presença de substâncias químicas. Durante a fase II, há indícios que ácidos orgânicos de baixo peso molecular podem ser o principal inibidor da emergência da radícula após a ruptura da testa. O alongamento da radícula pode ser inibido por substâncias químicas contendo  $\text{NH}_4^+$  durante a fase III. Esta especulação apoia parcialmente o ponto de vista de que a germinação de sementes pode ser usada para examinar substâncias químicas com alta toxicidade e o crescimento da radícula pode ser usado para examinar substâncias químicas com baixa toxicidade (Luo *et al.*, 2018).

## **4 OBJETIVOS**

### **3.3 Objetivo geral**

Avaliar os impactos das ações antrópicas sobre a qualidade do Rio do Campo, com ênfase no percurso localizado no município de Campo Mourão/PR, e desenvolver um material didático que contribua para o desenvolvimento da responsabilidade ambiental entre estudantes da Educação Básica.

### **3.4 Objetivos específicos**

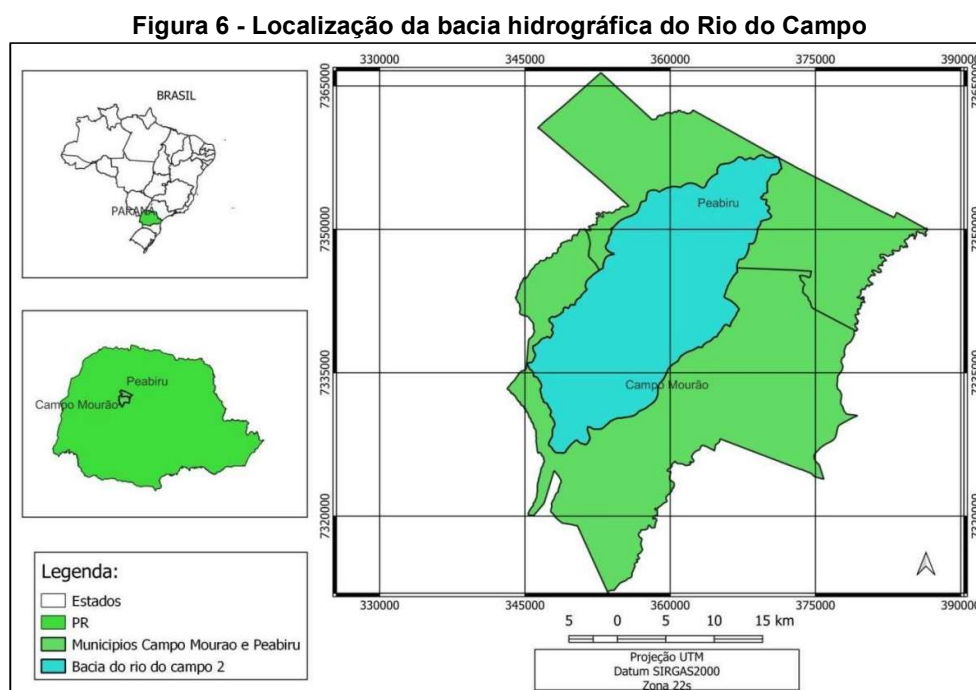
- Analisar, por meio de características físico-químicas e microbiológicas, a qualidade da água em um trecho do Rio do Campo, localizado em Campo Mourão/PR, com base em amostras coletadas em pontos específicos, incluindo a nascente;
- Analisar ações antrópicas sobre a nascente e trechos do Rio do Campo, localizados na região urbana de Campo Mourão/PR;
- Realizar uma revisão sistemática com o intuito de compreender o cenário das dissertações e teses que versam sobre ações educativas relacionadas ao contexto da Educação Ambiental e Recursos Hídricos;
- Elaborar um produto educacional que contribua para o desenvolvimento da responsabilidade ambiental de estudantes da Educação Básica sobre o Rio do Campo localizado em Campo Mourão/PR.

## 5 PERCURSO METODOLÓGICO

Nesta seção descrevemos o percurso metodológico utilizado para atender aos quatro objetivos específicos definidos na pesquisa de mestrado.

### 5.1 Caracterização do *locus* de pesquisa

O Rio do Campo, cuja sub-bacia possui 24.289,94 km<sup>2</sup>, nasce nas proximidades do distrito de Piquirivaí e percorre o sentido sudoeste-nordeste do município de Campo Mourão, em direção ao município de Peabiru onde está localizada sua foz, desaguando no Rio Ivaí (Crispim *et al.*, 2012). A localização da Bacia Hidrográfica do Rio do Campo é apresentada na Figura 6.



Fonte: Autoria própria (2023)

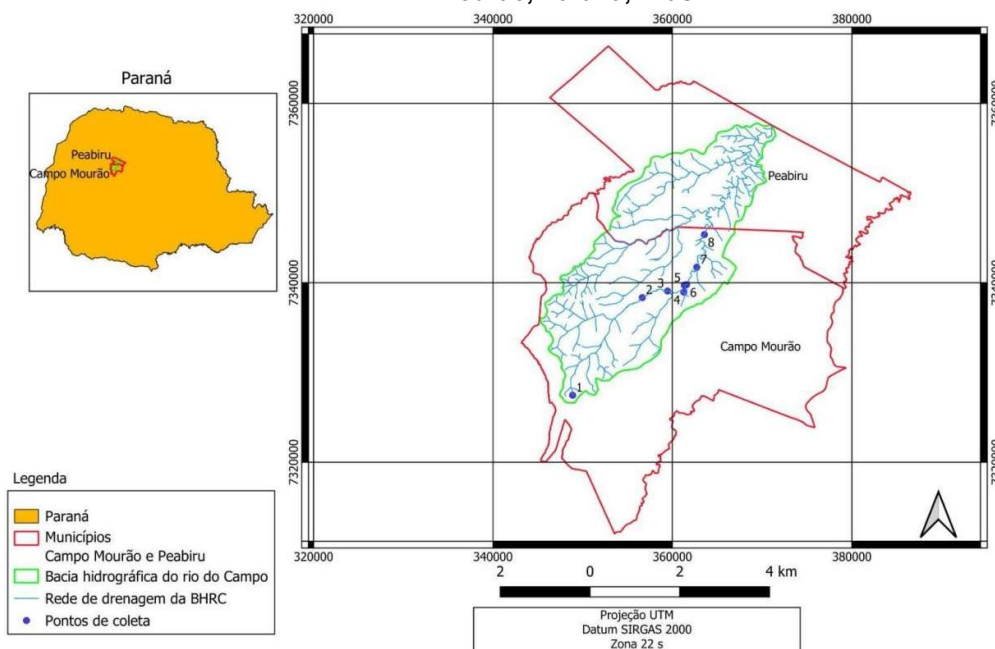
O rio em questão delimita parcialmente o perímetro urbano do município de Campo Mourão e apresenta como principais afluentes os rios Rio 23, Água das Barras e Água dos Papagaios. Ele desempenha um papel estratégico ao ser responsável pelo abastecimento de 67% da população local. Classificado como pertencente à "classe 2" conforme a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, suas águas são consideradas passíveis de tratamento convencional

para posterior consumo humano. Desde 1979, com a inauguração da Estação de Tratamento de Água (ETA) operada pela SANEPAR, o Rio do Campo tornou-se o principal manancial de abastecimento da cidade (Campo Mourão, 2018).

## 5.2 Descrição dos pontos de coleta

No presente estudo foram utilizados oito pontos para coleta de amostras, selecionados em locais estratégicos da bacia hidrográfica do Rio do Campo. Os pontos foram escolhidos considerando critérios de fácil acesso e segurança para o pesquisador, abrangendo desde áreas mais distantes da cidade (pontos 1 e 8, monitorados mensalmente) até trechos urbanos com diferentes usos, como locais de lazer, áreas de entrada da cidade e bairros residenciais (Figura 7).

**Figura 7 - Localização dos pontos de coleta na bacia hidrográfica do Rio do Campo, Campo Mourão, Paraná, Brasil**



Fonte: Autoria própria (2023)

As coordenadas geográficas dos pontos de coleta foram obtidas utilizando Google Earth, Versão 9.191.0.0 - WebAssembly with threads. O ponto de coleta 1 ( $24^{\circ}09'29''S$ ,  $52^{\circ}29'15''W$ ) é localizado em Piquirivai, um distrito de Campo Mourão, em uma das nascentes do Rio do Campo. O distrito fez uma cisterna para coletar água da nascente, cujo volume é utilizado nos finais de semana para complementar o abastecimento proveniente do poço artesiano. O acesso ao local é restrito por meio

de cercamento, evitando a entrada de pessoas e animais. Segundo o responsável pelo local, essa intervenção foi realizada há cerca de 20 anos, em resposta à escassez de água que afetava a região. Na ocasião, foi criado um conselho responsável pela gestão da distribuição e cobrança do uso desse recurso hídrico (Figura 8).

**Figura 8 - Registros fotográficos do ponto de coleta 1**

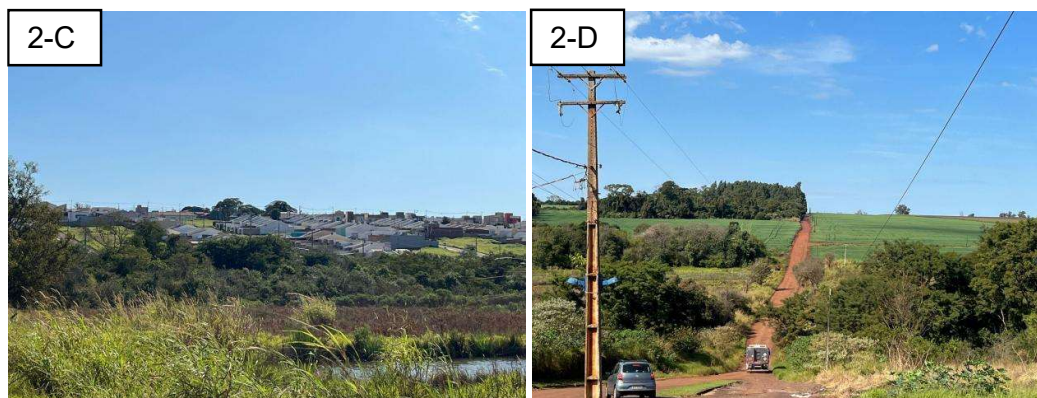


Fonte: Autoria própria (2023)

O ponto de coleta 2 ( $24^{\circ}03'38''\text{S}$ ,  $52^{\circ}24'36''\text{W}$ ) apresenta dois tipos de ocupação do solo em suas margens: de um lado, há atividades agrícolas (2-D) e, do outro, uma área de ocupação residencial (2-C). Este local é marcado pela presença significativa de lixo doméstico (Figura 9).

**Figura 9 - Registros fotográficos do ponto de coleta 2**





Fonte: Autoria própria (2023)

As fotografias 2-A e 2-B são do ponto de coleta, na fotografia 2-C pode-se observar a ocupação urbana do solo e na 2-D a ocupação agrícola do solo.

O ponto de coleta 3 ( $24^{\circ}03'15''S$ ,  $52^{\circ}22'56''W$ ) está localizado no meio da cidade, tendo o solo em sua volta com ocupação totalmente residencial. Esse trecho passa perto de uma rodovia e possui muito lixo doméstico (Figura 10).

Figura 10 - Registros fotográficos do ponto de coleta 3



Fonte: Autoria própria (2023)

O ponto de coleta 4 ( $24^{\circ}03'20''S$ ,  $52^{\circ}21'52''W$ ) está localizado em uma área urbana e possui residências dos dois lados do rio (Figura 11).

**Figura 11 - Registros fotográficos do ponto de coleta 4**

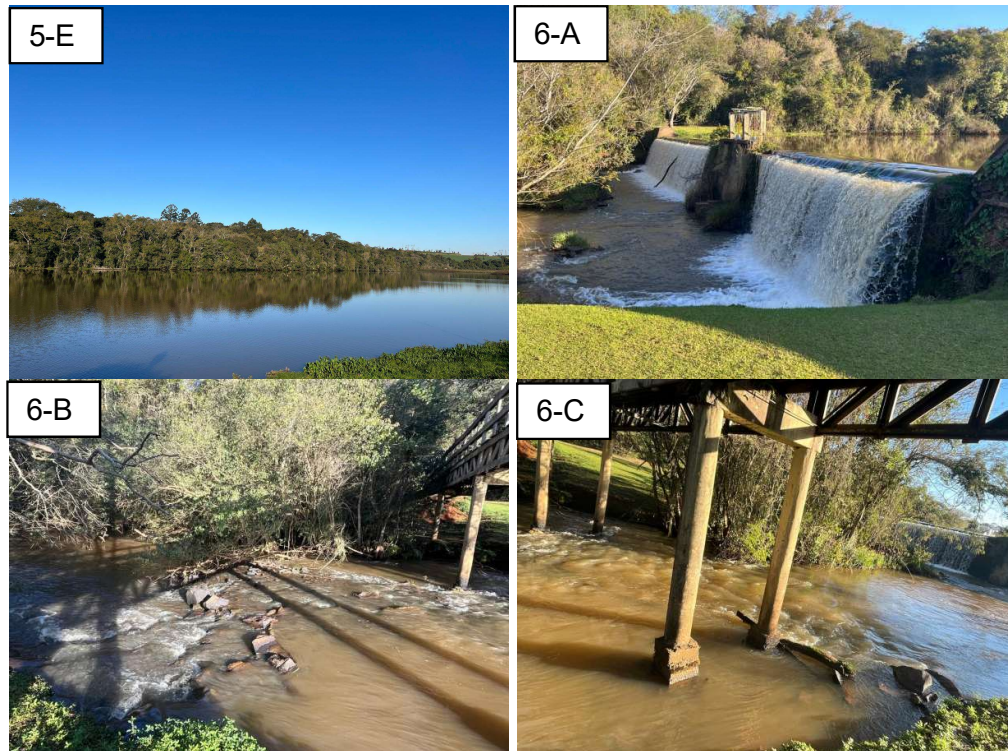


Fonte: Autoria própria (2023)

Os pontos de coleta 5 (A, B, C, D e E) e 6 (A, B e E) (Figura 12) estão localizados dentro do Parque Natural Municipal Joaquim Teodoro de Oliveira (Parque do Lago). O ponto 5 ( $24^{\circ}02'55''\text{S}$ ,  $52^{\circ}21'50''\text{W}$ ) corresponde ao lago e o ponto 6 ( $24^{\circ}02'53''\text{S}$ ,  $52^{\circ}21'41''\text{W}$ ) corresponde logo após a queda de água. O parque recebe uma significativa parcela do escoamento superficial das águas pluviais da cidade, que, por sua vez, carrega grande quantidade de resíduos sólidos domésticos.

**Figura 12 - Parque Natural Municipal Joaquim Teodoro de Oliveira (Parque do Lago)**





Fonte: Autoria própria (2023)

Por se tratar de um lago artificial com uma barragem, o local apresenta vários pontos de assoreamento (Figura 13). Cinco fatores principais contribuem para esse processo: 1) uso inadequado do solo na bacia hidrográfica, 2) ausência de matas ciliares, 3) urbanização desordenada, 4) contribuição dos afluentes do Rio do Campo e 5) ações antrópicas diretas (Bovo; Conrado, 2012; Guimarães; Dantas; Yokoo, 2019). Entre os oito pontos analisados, dois se destacam pela maior biodiversidade, sendo os locais onde mais se observam a presença de animais diversos, como capivaras, peixes e várias espécies de pássaros.

**Figura 13 - Revitalização do Parque do Lago de Campo Mourão**



Fonte: Tribuna do Interior (12 set. 2024)

Ao redor do ponto de coleta 7 ( $24^{\circ}01'50''\text{S}$ ,  $52^{\circ}21'00''\text{W}$ ), a ocupação do solo é composta por áreas de uso residencial urbano e por zonas destinadas à atividade agrícola (Figura 14). Nesse ponto, encontra-se um lago natural situado a cerca de 150 metros da área de ocupação urbana.

**Figura 14 - Registros fotográficos do ponto de coleta 7**



Fonte: Autoria própria (2023)

O ponto de coleta 8 ( $23^{\circ}59'52''\text{S}$ ,  $52^{\circ}20'29''\text{W}$ ) está localizado próximo à Estação de Tratamento de Esgoto Rio do Campo - Campo Mourão. A ocupação do solo é dividida em urbano e agrícola.

Figura 15 - Registro fotográfico do ponto de coleta 8



Fonte: Autoria própria (2023)

### 5.3 Análises físico-químicas e microbiológicas da água do Rio do Campo

Com a finalidade de avaliar as ações antrópicas sobre o Rio do Campo, durante os meses de maio a outubro de 2022 - que corresponde ao período mais seco, com menor índice pluviométrico (Baldo, 2006; Crispim *et al.*, 2012) -, realizou-se, semanalmente, uma série de análises físico-químicas e microbiológicas sobre a qualidade da água nos oito pontos descritos anteriormente.

**Procedimento utilizado nas coletas:** As amostras foram coletadas diretamente em frasco de vidro de 250 mL com boca larga de 4 cm, aproximadamente 1 metro da margem do rio, na superfície entre 5 cm e 15 cm de profundidade, foram coletados cerca de 200 mL de água, o frasco foi fechado com a tampa e etiquetado com indicação do ponto de coleta, data e horário (CETESB, 2011).

**Procedimento para limpeza dos frascos utilizados em análises físico-químicas:** Os frascos e tampas foram lavados com solução aquosa de sabão a 0,1% (m/v) com auxílio de uma escova de lavagem de tubo de ensaio, enxaguados na água corrente da torneira, retirado o excesso de água e enxaguado com água destilada, os vidros permaneceram na posição vertical de cabeça para baixo na estufa à 60 °C por 2 horas.

**Procedimento para limpeza dos frascos utilizados em análises microbiológicas:** Além do procedimento indicado anteriormente. Na autoclave foram adicionados 12 frascos com a tampa semiaberta de modo que água entrasse, adicionou 200 mL de água destilada ao equipamento, utilizou-se o ciclo de esterilização com secagem, após o procedimento os frascos foram fechados.

**Procedimento de transporte:** Os frascos foram armazenados em uma bolsa térmica com gelos reutilizáveis a uma temperatura entre 8 a 4 °C, monitorada por meio do uso de um termômetro digital.

**Análises físico-químicas:** Os parâmetros turbidez, pH, DBO, condutividade, salinidade e temperatura foram analisados utilizando AK88 - Medidor Multiparâmetro devidamente calibrado. Essas análises foram realizadas no Laboratório de Pesquisa e Extensão em Química da UTFPR - campus Campo Mourão, de modo a garantir condições controladas e maior precisão nos resultados.

**Análises microbiológicas:** As análises foram realizadas seguindo a metodologia descrita no Manual Prático de Análise de Água da Fundação Nacional de Saúde, que utiliza o método do Número mais Provável (NMP) utilizando a técnica dos tubos múltiplos (TM) dividido em duas partes: Teste presuntivo e Teste confirmativo (Brasil, 2013).

Os resultados obtidos não foram submetidos a análises estatísticas. A interpretação dos dados foi realizada por meio de comparação com os critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, normativa que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

#### 5.4 Dados hidrometeorológicos no contexto do Rio do Campo

Os dados necessários para execução deste estudo foram obtidos de duas estações, uma fluviométrica e uma pluviométrica (Quadro 2), ambas localizadas no município de Campo Mourão/PR, através das plataformas de bancos de dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), no sistema HidroWeb, dos quais os dados de vazão e de volume de chuva foram obtidos. As informações foram baixadas em extensão CSV e tratadas diretamente no Excel.

**Quadro 2 - Dados das estações hidrometeorológicas consultadas**

Código: 64.671.950 Responsável: Agência Nacional de Águas Operadora: Instituto Água e Terra do Paraná Tipo: Fluviométrica	Código: 2.452.007 Responsável: Instituto Água e Terra do Paraná Operadora: Instituto Água e Terra do Paraná Tipo: Pluviométrica
--	--

Fonte: Autoria própria (2025)

#### 5.5 Avaliação macroscópica sobre a nascente e trechos do Rio do Campo

Para a avaliação dos impactos ambientais macroscópicos na nascente foi utilizado o método Índice de Impacto Ambiental em Nascentes (Gomes; Melo; Vale, 2005; Carvalho; Porto; Oliveira, 2020), Quadro 3.

**Quadro 3 - Protocolo para avaliação dos impactos ambientais macroscópicos em nascentes**

Localização						
Data da coleta:	___/___/___		Hora da coleta			
Tempo (Situação do dia):						
Modo de coleta						
Temperatura da água:						
Parâmetros	Pontuação					
	1		2		3	
Cor da água	Escura	( )	Clara	( )	Transparente	( )
Odor	Cheiro forte	( )	Cheiro fraco	( )	Sem cheiro	( )
Lixo ao redor	Muito	( )	Pouco	( )	Sem lixo	( )
Matérias flutuantes	Muito	( )	Pouco	( )	Sem materiais flutuantes	( )
Espuma	Muita	( )	Pouca	( )	Sem espuma	( )
Óleos	Muito	( )	Pouco	( )	Sem óleos	( )
Esgoto	Doméstico	( )	Fluxo superficial	( )	Sem esgoto	( )
Vegetação (preservação)	Alta degradação	( )	Baixa degradação	( )	Preservado	( )
Uso por animais	Presença	( )	Apenas marca	( )	Não detectado	( )
Uso por humanos	Presença	( )	Apenas marca	( )	Não detectado	( )
Proteção Local	Sem proteção	( )	Com proteção (mas com acesso)	( )	Com proteção (sem acesso)	( )
Proximidade com residência ou estabelecimento	Menos de 50 m	( )	Entre 50 e 100 m	( )	Mais de 100 m	( )
Tipo de área de inserção	Ausente	( )	Propriedade privada	( )	Parques ou áreas protegidas	( )

Fonte: Gomes, Melo e Vale (2005); Carvalho, Porto e Oliveira (2020)

Após a avaliação dos 13 parâmetros macroscópicos, a somatória dos pontos atribuídos a cada um dos parâmetros gera uma pontuação final que está relacionada ao grau de preservação da nascente (Quadro 4).

**Quadro 4 - Parâmetros para classificação das nascentes**

Classe	Grau de preservação	Pontuação final
A	Ótima	Entre 37 a 39 pontos
B	Boa	Entre 34 a 36 pontos
C	Razoável	Entre 31 a 33 pontos
D	Ruim	Entre 28 e 30 pontos
E	Péssimo	Abaixo de 28 pontos

Fonte: Gomes, Melo e Vale (2005); Carvalho, Porto e Oliveira (2020)

A avaliação dos impactos ambientais macroscópicos em trechos do Rio do Campo foi realizada utilizando o protocolo proposto por Callisto *et al.* (2002), por meio da análise de dez parâmetros com pontuações que variam de 0 a 4 pontos (Quadro 5).

**Quadro 5 - Protocolo para avaliação dos impactos ambientais macroscópicos em rios**

Localização			
Data da coleta:	___/___/___	Hora da coleta	
Tempo (Situação do dia):			
Modo de coleta			
Tipo de ambiente:	Córrego ( )	Rio ( )	
Largura:			
Profundidade:			
Temperatura da água:			
Parâmetros	Pontuação		
	4 pontos	2 pontos	0 pontos
1. Tipo de ocupação das margens do corpo de água (principal atividade)	Vegetação natural	Campo de pastagem/Agricultura/Monocultura/Reflorestamento	Residencial/comercial/industrial
2. Erosão próxima e/ou margens do rio e assoreamento seu leito	Ausente	Moderado	Acentuada
3. Alterações antrópicos	Ausente	Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo)	Alterações de origem industrial/urbana (fábrica, siderúrgicas, canalizações, reutilização do curso do rio)
4. Cobertura vegetal no leito	Parcial	Total	Ausente
5. Odor da água	Ausente	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
6. Oleosidade da água	Ausente	Moderado	Abundante
7. Transparência da água	Transparente	Turva/cor de chá-forte	Opaca ou colorida
8. Odor do sedimento	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
9. Oleosidade do fundo	Ausente	Moderado	Abundante
10. Tipos de fundo	Pedra/cascalho	Lama/areia	Cimento/canalizado

Fonte: Callisto *et al.* (2002)

Trechos muito impactados recebem nota zero (0); trechos alterados recebem nota dois (2); e trechos naturais recebem nota quatro (4). Os parâmetros são: tipos de ocupação das margens; existência de processos erosivos; alterações antrópicas; cobertura vegetal no leito; odor, oleosidade e transparência da água; odor do sedimento; oleosidade do fundo; e tipo de fundo.

## 5.6 Bioensaios com germinação de sementes

Os bioensaios foram realizados seguindo metodologia descrita por Luo *et al.* (2018). Sementes de três espécies vegetais: *Allium cepa* (Cebola baia periforme), *Brassica oleracea var. Italica* (Couve-Brócolis Piracicaba precoce) e *Lactuca sativa* (Alface Boston Branca) foram adquiridas em um supermercado local todas da marca comercial ISLA e dentro do prazo de validade no momento da aquisição. As três espécies vegetais estão entre as 10 espécies recomendadas pela *United States Environmental Protection Agency* (USEPA, 1996) para a determinação dos efeitos ecológicos de pesticidas e substâncias tóxicas e são amplamente reportadas na literatura para essa finalidade. Os testes só foram considerados válidos quando as taxas de germinação dos testes controle (água mineral) foram superiores a 80%. As sementes foram mantidas em local seco no escuro à temperatura ambiente antes do uso.

O procedimento do teste de germinação de sementes consistiu de três etapas principais. A primeira etapa consistiu na obtenção das amostras a serem analisadas (foram utilizadas amostras de água da nascente e/ou de trechos do Rio do Campo coletadas no dia da preparação do bioensaio). A segunda etapa consistiu na incubação das sementes com a amostra a ser analisada. Para isso, um pedaço de papel de filtro foi colocado em cada placa de Petri de 100 mm e 15 mm, na sequência adicionou-se 2 mL da amostra a ser avaliada e 10 sementes (organismo-teste). Foram realizados três testes com a mesma amostra, de modo a garantir a qualidade e a confiabilidade dos resultados obtidos. As placas de Petri foram cobertas e seladas com filme de PVC e mantidas em condições de laboratório por sete dias.

A terceira etapa consistiu na medição e cálculo dos indicadores relacionados aos resultados do teste pelas equações (1 - 5): Percentual de Germinação de Sementes (% GS), Percentual de Germinação Relativa de Sementes (% GRS),

Percentual de Crescimento Relativo da Radícula (% CRR), Percentual de Crescimento Relativo do Caulículo (% CRC) e Índice de Germinação (IG).

$$1) \% GS = \frac{\text{Número de sementes germinadas}}{\text{Número total de sementes}} \times 100$$

$$2) \% GRS = \frac{\text{Número de sementes germinadas (amostra)}}{\text{Número de sementes germinadas (controle)}} \times 100$$

$$3) \% CRR = \frac{\text{Comprimento total das radículas de sementes germinadas (amostra)}}{\text{Comprimento total das radículas de sementes germinadas (controle)}} \times 100$$

$$4) \% CRC = \frac{\text{Crescimento total dos caulículos de sementes germinadas (amostra)}}{\text{Crescimento total dos caulículos de sementes germinadas (controle)}} \times 100$$

$$5) IG = GRS \times CRR \times 100$$

## 5.7 Revisão sistemática da literatura

Para compreender o cenário das produções de dissertações e teses que versam sobre ações educativas relacionadas ao contexto da Educação Ambiental e Recursos Hídricos realizamos uma revisão sistemática utilizando a metodologia PRISMA (Moher *et al.*, 2014). As bases de dados utilizadas foram: (i) Portal de Periódico da Capes (<https://www.periodicos.capes.gov.br/>); (ii) Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) (<https://bdtd.ibict.br>). As pesquisas foram realizadas em agosto de 2022 utilizando a combinação de termos ("recursos hídricos" AND "educação ambiental" AND "ciências"). Desta forma, como critério de inclusão buscamos por dissertações ou teses que versam sobre ações educativas (como foco principal ou secundário) relacionadas ao contexto da Educação Ambiental e Recursos Hídricos. Como critérios de exclusão utilizamos: (i) Resultados duplicados na mesma base de dados ou entre as bases de dados; (ii) dissertações ou teses, que apesar do resultado da pesquisa apresentar os termos de consulta, não versam sobre ações educativas relacionadas ao contexto da Educação Ambiental e Recursos Hídricos. O termo "ciências" foi utilizado com o intuito de buscar por trabalhos, aproximados ao que aqui chamamos de Educação sobre os Recursos Hídricos, no âmbito do Ensino de Ciências/Educação em (ou para a) Ciências ou disciplina de Ciências.

O *corpus* de estudo selecionado foi analisado utilizando as três fases descritas na Análise de Conteúdo de Bardin (2011), que consiste em: 1) pré-análise; 2) exploração do material, categorização ou codificação; 3) tratamento dos resultados, inferências e interpretação (Quadro 6).

**Quadro 6 - Etapas e ações realizadas para a análise do *corpus* de estudo**

Fase	Ações realizadas
Pré-análise	Formação do <i>corpus</i> de estudo, processo realizado seguindo as orientações da revisão sistemática de Moher <i>et al.</i> (2014) envolvendo a leitura flutuante dos títulos e resumos das dissertações e teses e, na sequência, a formulação de indicadores a serem analisados.
Exploração do material, categorização ou codificação	O <i>corpus</i> de estudo, organizado em planilha do Excel, foi codificado (DT1 ... DT256) e categorizados quanto: (i) Programa de Pós-Graduação; (ii) Instituição; (iii) Ano de defesa; (iv) Região do Brasil; (v) Tipo (Mestrado/doutorado); (vi) Modalidade (Acadêmico/profissional); (vii) Categoria administrativa (Pública/Privada).
Tratamento dos resultados, inferências e interpretação	Cada categoria foi analisada a partir de aplicação de filtros, os resultados obtidos foram interpretados e realizadas inferências.

Fonte: Autoria própria (2023)

## 5.8 Elaboração do material didático

Para elaboração do material didático (produto associado a presente dissertação) foram utilizados, com base em Sato (2002, p. 41), os seguintes critérios:

[...] um acervo didático coerente; uso de dinâmicas contextualizadas e socializadoras; respeito à diversidade de pensamento dos educandos; posicionamento crítico diante dos problemas socioambientais; promoção de debates em busca de alternativas e gerenciamento aos problemas ambientais; promoção de atividades participativas e dialógicas; utilização de atividades lúdicas e dinâmicas; promoção de trabalhos práticos que vislumbrem aspectos interdisciplinares.

Esses critérios foram pensados e elaborados exclusivamente para o ensino da Educação Ambiental com a finalidade de melhorar os processos de ensino e aprendizagem. As atividades propostas no material didático foram elaboradas levando em consideração desenvolver, entre os diferentes objetivos da Educação Ambiental (Smyth, 1995), o compromisso ambiental.

Assim como ocorre na taxonomia de Bloom, os diferentes objetivos de aprendizagem idealizados por Smyth (1995) possuem diferentes níveis cognitivos, sendo a sensibilização ambiental o objetivo de menor complexidade e a cidadania

ambiental o objetivo de maior complexidade. Desta forma, o material didático foi elaborado de modo a constituir diferentes atividades teórico-práticas e reflexões que contribuam para o desenvolvimento da sensibilização ambiental, compreensão ambiental e compromisso ambiental, o objetivo de maior nível cognitivo associado.

Trata-se de uma coletânea composta por atividades teóricas e práticas organizadas em formato de sequência didática por seis aulas, abordando a qualidade da água do Rio do Campo e promovendo a sensibilização, compreensão e a responsabilidade ambiental entre estudantes dos ensinos Fundamental e Médio, com o objetivo de estimular o senso crítico por meio de temas ambientais locais.

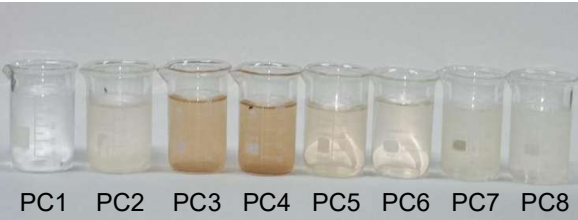
## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO


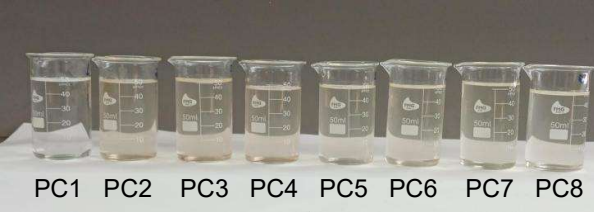
A presente seção está dividida em cinco partes. Na subseção 6.1 apresentamos os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas de amostras coletadas na nascente e em trechos do Rio do Campo. Na subseção 6.2 apresentamos os resultados da avaliação da ação antrópica sobre a nascente do Rio do Campo, localizada no distrito de Piquirivaí. Na subseção 6.3 apresentamos os resultados da avaliação da ação antrópica em trechos do Rio do Campo, localizados na área urbana de Campo Mourão/PR. Na subseção 6.4 apresentamos os resultados dos bioensaios de germinação de sementes. Na subseção 6.5 apresentamos os resultados da revisão sistemática de literatura, que foi realizada com o intuito de contribuir para o processo de elaboração do material didático. Na seção 6.6 são apresentados aspectos gerais do produto educacional elaborado.

### 6.1 Análises físico-químicas e microbiológicas

No Quadro 7 são apresentadas algumas observações acerca de resultados oriundos de três dias de coleta, assim como os aspectos visuais das amostras coletadas. As amostras estão dispostas da esquerda para a direita, correspondendo aos pontos 1 a 8 (PC1 a PC8) da bacia hidrográfica do Rio do Campo, sendo o Ponto 1 localizado na nascente e o Ponto 8 no trecho final monitorado.

**Quadro 7 - Observações acerca de alguns resultados e aspectos visuais das amostras coletas em três datas diferentes**

Data da coleta, observações	Aspectos visuais das amostras coletadas
30/05/2022. Neste dia choveu bastante, como pode ser visto ao lado, os pontos 3 e 4 apresentaram aspecto turvo indicando o escoamento e lixiviação de sedimentos do solo para o corpo d'água. Os testes microbiológicos dos pontos de coleta, com exceção do ponto 1, deram positivos para Coliformes Totais, Coliforme Termotolerantes e <i>Escherichia Coli</i> , indicando a influência das ações antrópicas na qualidade da água do rio.	

<p>27/06/2022. Neste dia não choveu, todos os pontos apresentaram aspecto visual transparente. Os testes microbiológicos de todos os pontos de coleta deram negativos para Coliformes Totais, Coliforme Termotolerantes e <i>Escherichia Coli</i>.</p>	
<p>03/10/2022. Neste dia não choveu, todos os pontos apresentaram aspecto visual transparente. Os testes microbiológicos de todos os pontos de coleta deram negativos para Coliformes Totais, Coliforme Termotolerantes e <i>Escherichia Coli</i>. Entre as amostras, a água da nascente é a mais transparente, o que reforça a importância da preservação da mata ciliar para a qualidade da água.</p>	

Fonte: Autoria própria (2023)

As informações apresentadas na Tabela 1 tem como intuito indicar a influência da chuva nos parâmetros de qualidade de água avaliados, no caso a turbidez e a presença de microrganismos na água. Na Tabela 1 são apresentados os dados hidrometeorológicos vazão média e volume de chuva para o contexto do Rio do Campo.

**Tabela 1 - Dados hidrometeorológicos para o contexto do Rio do Campo no ano de 2022**

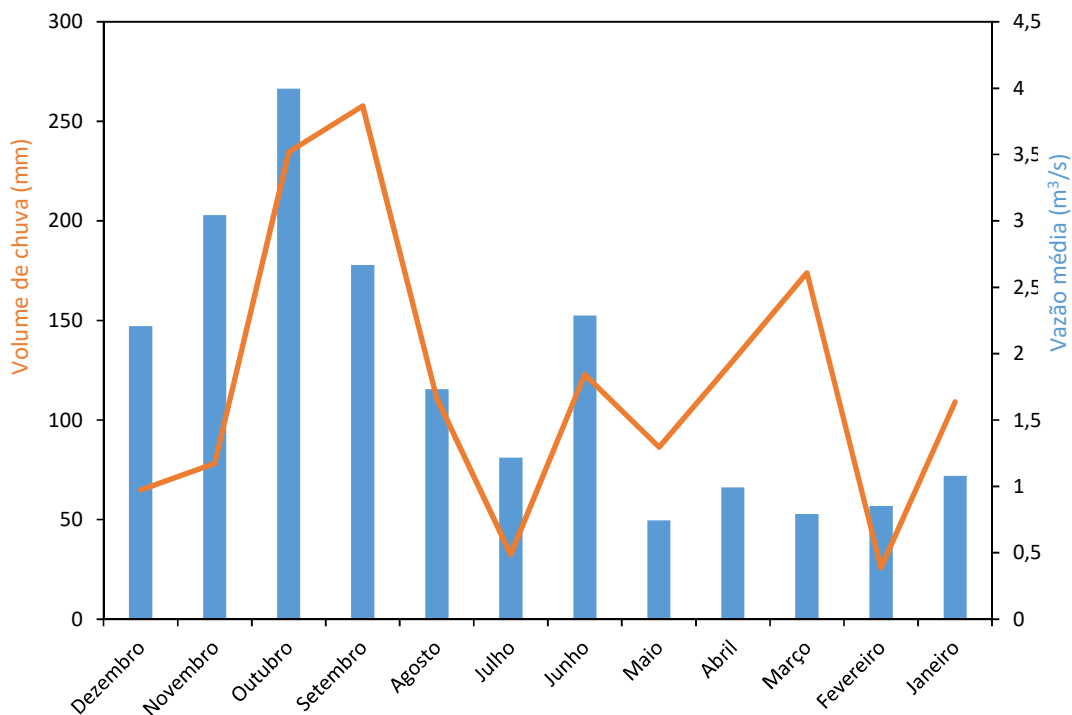
Mês	Vazão média (m <sup>3</sup> /s)	Volume de chuva (mm)	Número de dias com chuva
Dezembro	2,2062	65,0	3
Novembro	3,0423	78,3	3
Outubro	3,9972	234,6	14
Setembro	2,6673	257,7	10
Agosto	1,7341	110,9	6
Julho	1,2160	32,5	5
Junho	2,2856	123,0	7
Mai	0,7437	86,4	5
Abril	0,9924	129,7	5
Março	0,7934	173,9	9
Fevereiro	0,8518	25,8	2
Janeiro	1,0777	109,1	8

Fonte: Autoria própria (2025)

Na Figura 16, ao comparar os dados de vazão média e volume de chuva, observa-se a ausência de uma relação linear entre esses dois parâmetros. Essa não

linearidade pode ser explicada pelo fato de que a vazão dos mananciais depende de múltiplas variáveis, dentre as quais se destacam a precipitação - responsável pela entrada de água na bacia hidrográfica - e a temperatura, que influencia diretamente na disponibilidade hídrica ao controlar as taxas de evapotranspiração (Sousa; Moura, 2022).

**Figura 16 - Dados hidrometeorológicos para o contexto do Rio do Campo no ano de 2022**



Fonte: Autoria própria (2025)

Villwock e Crispim (2019) determinaram que a vazão do Rio do Campo, para os meses de fevereiro a setembro, varia cerca de 1,6 a 3,8 m³/s. No entanto, os autores não indicam em qual ponto do Rio do Campo as medidas foram realizadas, fato que impede uma comparação direta com os dados da estação hidrometeorológica.

Os resultados das análises físico-químicas das amostras coletadas na nascente e em trechos do Rio do Campo são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2 - Resultados das análises físico-químicas das amostras coletadas na nascente e em trechos do Rio do Campo, Campo Mourão/PR**

							(continua)
Data da Coleta	Ponto de coleta	pH	OD (mg/L)	Condutividade (μS/cm)	Salinidade (ppt)	Turbidez (UNT)	
<b>16/05/2022</b>	1	-	-	-	-	-	
	2	6,82	8,3	43,4	0,02	10,7	
	3	7,25	8,1	33,8	0,02	11,0	
	4	6,99	8,1	-	0,02	11,0	
	5	7,14	8,0	37,0	0,02	11,0	
	6	7,00	8,1	33,7	0,02	11,0	
	7	7,22	8,0	22,7	0,01	12,3	
	8	-	-	-	-	-	
<b>23/05/2022</b>	1	-	-	-	-	-	
	2	6,28	8,5	28,1	0,01	7,3	
	3	6,64	8,3	34,0	0,02	9,3	
	4	7,07	8,3	35,2	0,02	7,1	
	5	7,22	8,6	35,7	0,01	9,4	
	6	7,71	8,5	31,9	0,01	8,6	
	7	7,73	8,4	30,3	0,01	7,7	
	8	-	-	-	-	-	
<b>30/05/2022</b>	1	5,45	8,7	19,4	0,01	0,2	
	2	6,58	8,8	35,5	0,02	22,0	
	3	6,70	8,2	31,6	0,02	137,0	
	4	6,80	8,4	35,0	0,02	212,0	
	5	7,03	8,6	37,2	0,02	37,0	
	6	6,97	8,7	32,6	0,02	20,0	
	7	7,06	8,7	23,1	0,01	11,6	
	8	7,24	8,9	29,7	0,02	7,5	
<b>06/06/2022</b>	1	-	-	-	-	-	
	2	6,83	7,4	31,9	0,02	7,5	
	3	6,78	8,9	34,7	0,01	10,4	
	4	6,71	9,0	43,8	0,02	9,3	
	5	6,86	9,0	33,4	0,02	11,7	
	6	6,82	9,0	33,1	0,01	12,0	
	7	6,89	8,9	21,7	0,01	9,8	
	8	-	-	-	-	-	
<b>13/06/2022</b>	1	-	-	-	-	-	
	2	6,14	9,3	32,0	0,02	23,0	
	3	7,10	9,2	35,0	0,01	21,0	
	4	6,62	9,0	44,0	0,02	22,0	
	5	6,73	9,1	34,0	0,02	23,0	
	6	6,69	9,2	33,6	0,01	24,0	
	7	6,81	9,0	21,7	0,01	13,3	
	8	-	-	-	-	-	
<b>20/06/2022</b>	1	-	-	-	-	-	
	2	7,61	8,9	20,9	0,01	14,1	

**Tabela 2 - Resultados das análises físico-químicas das amostras coletadas na nascente e em trechos do Rio do Campo, Campo Mourão/PR**

(continua)

<b>Data da Coleta</b>	<b>Ponto de coleta</b>	<b>pH</b>	<b>OD (mg/L)</b>	<b>Condutividade (µS/cm)</b>	<b>Salinidade (ppt)</b>	<b>Turbidez (UNT)</b>	
<b>20/06/2022</b>	3	7,43	8,8	24,1	0,01	14,6	
	4	7,28	8,7	31,1	0,02	15,1	
	5	7,10	9,1	22,3	0,01	20,0	
	6	7,12	8,5	21,3	0,01	19,6	
	7	7,07	8,7	14,3	0,01	10,2	
	8	-	-	-	-	-	
	<b>27/06/2022</b>	1	5,22	6,5	12,2	0,00	0,30
		2	6,51	8,1	31,1	0,01	8,7
3		6,72	8,0	29,3	0,01	9,2	
4		6,64	6,8	53,1	0,02	11,8	
5		7,00	7,5	35,1	0,02	11,5	
6		6,90	8,1	34,5	0,01	13,3	
7		6,89	7,6	33,3	0,02	10,7	
8		7,03	8,1	30,2	0,01	7,2	
<b>04/07/2022</b>	1	-	-	-	-	-	
	2	8,10	8,4	31,6	0,02	8,5	
	3	7,70	8,1	38,1	0,02	10,0	
	4	7,20	8,5	48,5	0,02	11,0	
	5	6,70	8,6	30,0	0,01	12,2	
	6	6,30	8,3	28,4	0,02	11,8	
	7	6,10	8,6	17,9	0,01	19,2	
	8	-	-	-	-	-	
<b>11/07/2022</b>	1	-	-	-	-	-	
	2	6,82	8,3	43,4	0,02	10,7	
	3	7,25	8,1	33,8	0,02	11,0	
	4	6,99	8,1	57,2	0,02	11,0	
	5	7,14	8,0	37,0	0,02	11,0	
	6	7,00	8,1	33,7	0,02	11,0	
	7	7,22	8,0	22,7	0,01	12,3	
	8	-	-	-	-	-	
<b>18/07/2022</b>	1	-	-	-	-	-	
	2	6,40	8,5	28,1	0,01	7,3	
	3	6,64	8,3	34,0	0,02	9,3	
	4	7,10	8,3	35,2	0,02	7,1	
	5	7,25	8,6	35,7	0,01	9,4	
	6	7,71	8,5	31,9	0,01	8,6	
	7	7,73	8,4	30,3	0,01	7,7	
	8	-	-	-	-	-	
<b>25/07/2022</b>	1	5,45	8,7	19,4	0,01	0,2	
	2	6,76	8,6	43,9	0,02	10,4	
	3	7,36	8,2	34,0	0,02	11,3	
	4	7,03	8,3	57,0	0,02	10,9	

**Tabela 2 - Resultados das análises físico-químicas das amostras coletadas na nascente e em trechos do Rio do Campo, Campo Mourão/PR**

							(continua)
Data da Coleta	Ponto de coleta	pH	OD (mg/L)	Condutividade (µS/cm)	Salinidade (ppt)	Turbidez (UNT)	
<b>25/07/2022</b>	5	7,00	7,9	37,6	0,02	11,2	
	6	7,00	8,3	34,0	0,02	11,2	
	7	7,36	8,4	29,0	0,01	12,4	
	8	7,03	8,10	30,2	0,01	7,20	
<b>01/08/2022</b>	1	-	-	-	-	-	
	2	6,80	8,0	48,6	0,02	12,1	
	3	7,46	8,4	44,2	0,02	15,3	
	4	7,90	7,8	61,1	0,02	13,1	
	5	7,01	8,0	41,3	0,02	14,3	
	6	7,05	7,7	36,3	0,02	15,4	
	7	7,40	8,1	31,2	0,02	13,6	
	8	-	-	-	-	-	
<b>08/08/2022</b>	1	-	-	-	-	-	
	2	6,51	7,7	24,2	0,01	34,0	
	3	6,95	8,2	22,6	0,01	32,0	
	4	6,76	7,4	35,8	0,02	35,0	
	5	6,64	8,8	32,3	0,02	17,3	
	6	6,69	7,6	29,3	0,02	8,6	
	7	6,51	8,5	19,4	0,01	3,5	
	8	-	-	-	-	-	
<b>15/08/2022</b>	1	-	-	-	-	-	
	2	6,71	8,4	28,2	0,01	7,8	
	3	7,1	8,5	26,3	0,01	10,9	
	4	7,13	8,3	38,3	0,02	8,0	
	5	7,26	7,5	38,2	0,02	9,3	
	6	7,21	7,5	27,8	0,01	9,5	
	7	6,97	7,9	18,2	0,01	4,0	
	8	-	-	-	-	-	
<b>22/08/2022</b>	1	-	-	-	-	-	
	2	6,55	8,6	34,2	0,01	11,2	
	3	6,90	8,7	31,2	0,01	14,1	
	4	6,95	7,7	34,4	0,01	26,0	
	5	7,15	7,8	34,0	0,01	16,4	
	6	7,10	7,5	33,4	0,01	15,1	
	7	7,14	7,4	22,7	0,01	5,0	
	8	-	-	-	-	-	
<b>29/08/2022</b>	1	6,20	8,9	20,0	0,01	0,2	
	2	7,01	9,4	44,0	0,02	10,4	
	3	7,56	8,0	35,0	0,02	11,3	
	4	7,06	8,9	58,0	0,02	10,9	
	5	7,15	8,2	38,3	0,02	11,2	
	6	7,30	8,6	35,1	0,02	11,2	

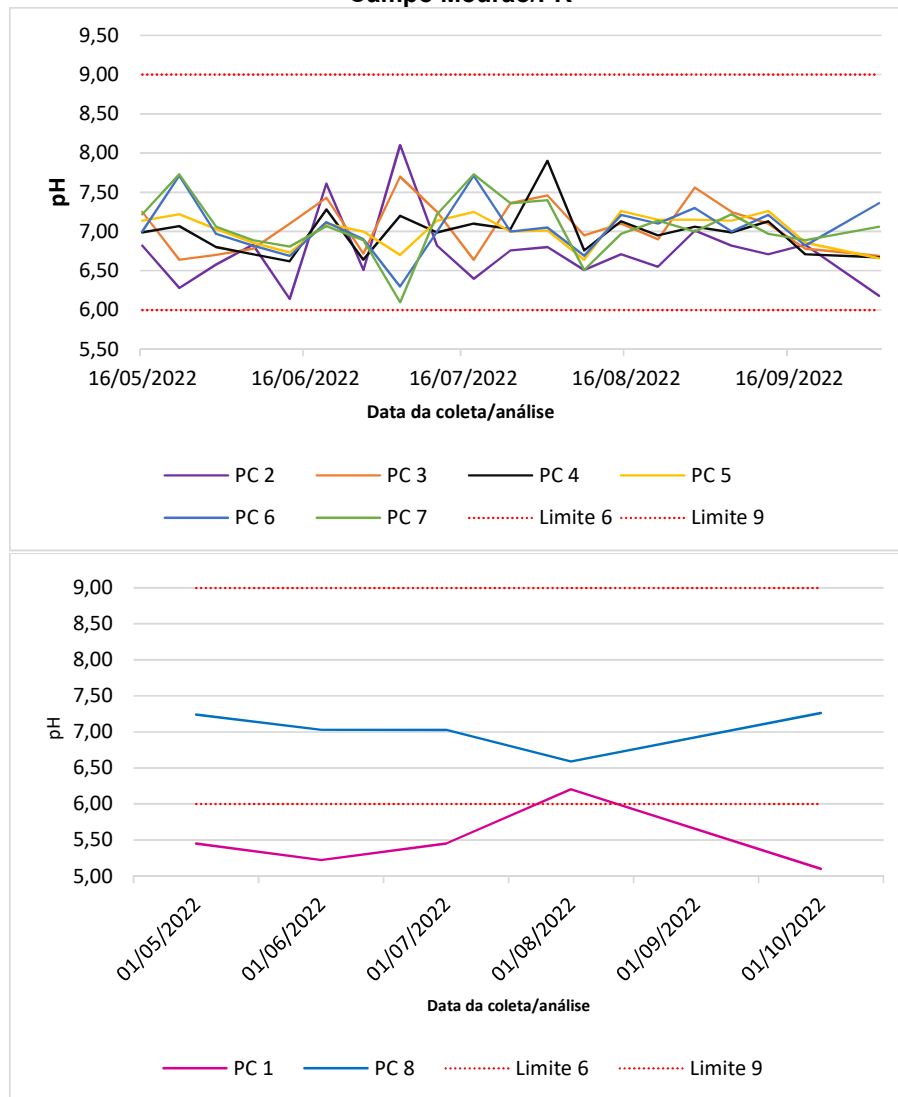
**Tabela 2 - Resultados das análises físico-químicas das amostras coletadas na nascente e em trechos do Rio do Campo, Campo Mourão/PR**

Data da Coleta	Ponto de coleta	pH	OD (mg/L)	Condutividade (μS/cm)	Salinidade (ppt)	(conclusão)
						Turbidez (UNT)
29/08/2022	7	7,00	8,8	30,3	0,01	12,4
	8	6,59	8,1	31,2	0,01	7,20
05/09/2022	1	-	-	-	-	-
	2	6,82	8,3	43,4	0,02	10,7
	3	7,25	8,1	33,8	0,02	11,0
	4	6,99	8,1	57,2	0,02	11,0
	5	7,14	8,0	37,0	0,02	11,0
	6	7,00	8,1	33,7	0,02	11,0
	7	7,22	8,0	22,7	0,01	12,3
	8	-	-	-	-	-
12/09/2022	1	-	-	-	-	-
	2	6,71	8,4	28,2	0,01	7,8
	3	7,10	8,5	26,3	0,01	10,9
	4	7,13	8,3	38,3	0,02	8,0
	5	7,26	7,5	38,2	0,02	9,3
	6	7,21	7,5	27,8	0,01	9,5
	7	6,97	7,9	18,2	0,01	4,0
	8	-	-	-	-	-
19/09/2022	1	-	-	-	-	-
	2	6,83	7,4	31,9	0,02	7,5
	3	6,78	8,9	34,7	0,01	10,4
	4	6,71	9,0	43,8	0,02	9,3
	5	6,86	9,0	33,4	0,02	11,7
	6	6,82	9,0	33,1	0,01	12,0
	7	6,89	8,9	21,7	0,01	9,8
	8	-	-	-	-	-
03/10/2022	1	5,10	7,2	11,7	0,00	0,3
	2	6,18	7,6	30,1	0,01	0,4
	3	6,69	7,6	30,9	0,01	44,0
	4	6,67	7,1	31,4	0,01	40,0
	5	6,66	7,4	32,1	0,01	24,0
	6	7,36	7,5	32,9	0,01	28,0
	7	7,06	7,4	30,6	0,01	18,8
	8	7,26	7,6	31,4	0,01	23,0

Fonte: Autoria própria (2023)

Na Figura 17 são apresentados os resultados das análises de pH nos oito pontos de coleta no Rio do Campo.

**Figura 17 - Resultados das análises de pH em diferentes pontos de coleta no Rio do Campo, Campo Mourão/PR**

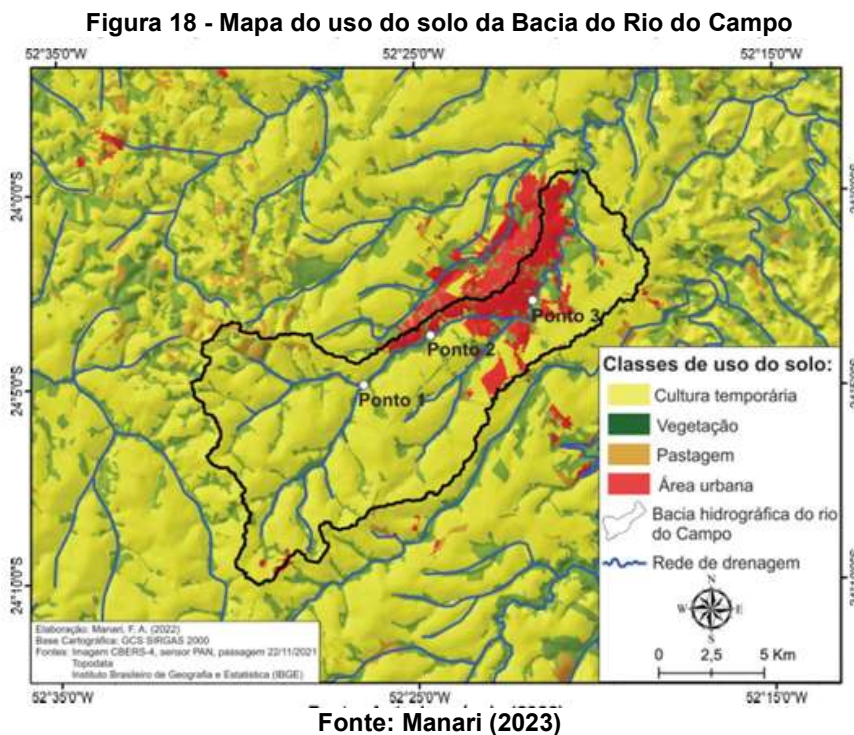


**Fonte: Autoria própria (2023)**

Podemos observar que os pontos 2 ao 8 apresentaram, no intervalo de tempo analisado, valores de pH aceitáveis, estando conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005 que preconiza valores de pH entre a faixa de 6,0 a 9,0. Com relação a nascente, os valores de pH observados variaram de 5,10 a 6,20, estando a maioria abaixo do indicado pela referida resolução.

Vale ressaltar que o pH é um parâmetro importante no ecossistema aquático, pois é capaz de determinar a dissolução, precipitação, oxidação e redução de substâncias como metais pesados (ex.: ferro e manganês), nutrientes (ex.: fósforo e nitrogênio) e compostos orgânicos (Bourg *et al.*, 1995; Mesquita *et al.*, 2014). Segundo Pereira-Silva *et al.* (2011), a água no ambiente natural tem sua concentração de íons

$H^+$  e  $OH^-$  fortemente influenciada por sais, ácidos e bases presentes no meio, fornecendo assim informações sobre a sua qualidade (água pura valor igual a 7 e água superficial valor entre 4 e 9), o tipo de solo por onde a água percorreu. Na Figura 18 é apresentado o mapa de uso do solo na Bacia do Rio do Campo.



Como podemos observar na Figura 18, a ocupação do solo na bacia do Rio do Campo é predominantemente de culturas temporárias, nas quais se planta soja em uma parte do ano e milho em outra (Manari, 2023). A paisagem da microbacia é totalmente agrícola, com pequenos espaços remanescentes de vegetação. Portanto, de um ponto de vista geral, a paisagem da microbacia é essencialmente agrícola e certamente afetada pelas técnicas de manejo dessas culturas. Problemas relacionados à má conservação do solo, o uso inadequado de defensivos agrícolas e o cultivo em Áreas de Preservação Permanente (APPs) são questões globais que devem influenciar a qualidade geral da água do Rio do Campo. Porém, características pontuais podem conter/filtrar ou agravar a situação, a depender do cenário local.

Vale ressaltar que o pH da água de rios, assim como outros parâmetros físico-químicos e microbiológicos, é fortemente influenciado pelo tipo de poluição química da água (despejos ácidos ou alcalinos) e a qualidade do ambiente (origem da água,

impactos ambientais poluidores, desmatamento e metabolismo das comunidades) (Donadio; Galbiatti; Paula, 2005). Além disso, o pH desempenha papel relevante, uma vez que exerce forte influência sobre o crescimento bacteriano, sendo o intervalo entre 6,5 e 7,5 o mais favorável ao desenvolvimento da maioria das bactérias (Daneluz; Tessaro, 2015).

Marmontel e Rodrigues (2015), ao avaliar e comparar a qualidade da água de quatro nascentes (localizadas em São Manuel/SP, que faz parte da sub-bacia do Córrego Pimenta, afluente do Rio Paraíso) em diferentes coberturas de terra e conservação da vegetação, evidenciaram, entre os vários parâmetros avaliados, diferentes valores de pH em períodos de seca e chuva (Quadro 8).

**Quadro 8 - Valores de pH em águas de nascentes com diferentes coberturas de terra e conservação da vegetação**

<b>Nascente</b>	<b>pH em período de seca/chuva</b>
N1 (possui mata ciliar preservada)	7,2 / 7,4
N2 (possui mata ciliar perturbada)	7,0 / 7,3
N3 (possui bambuzal e mata ciliar)	5,4 / 5,5
N4 (possui cobertura de pastagem e se encontra em degradação)	6,7 / 6,7

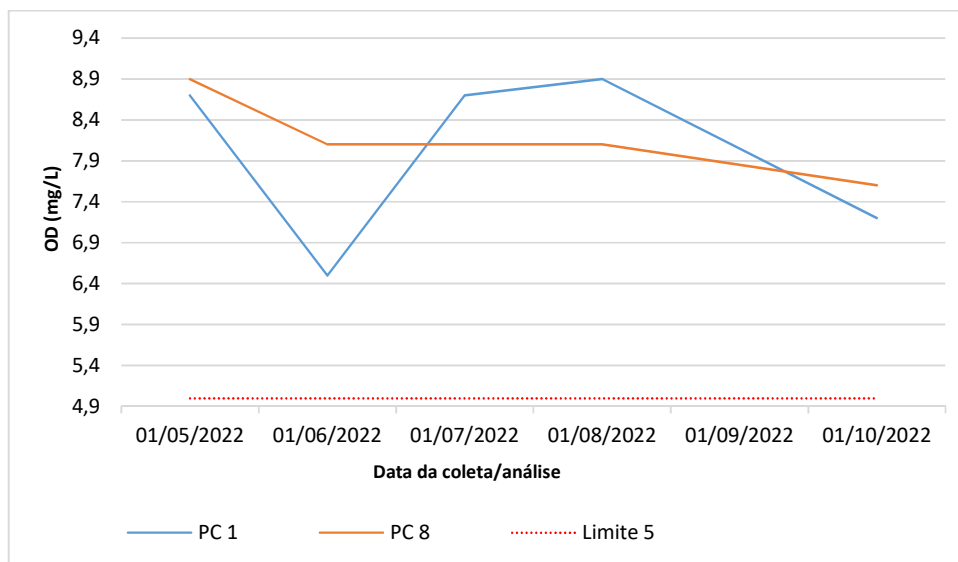
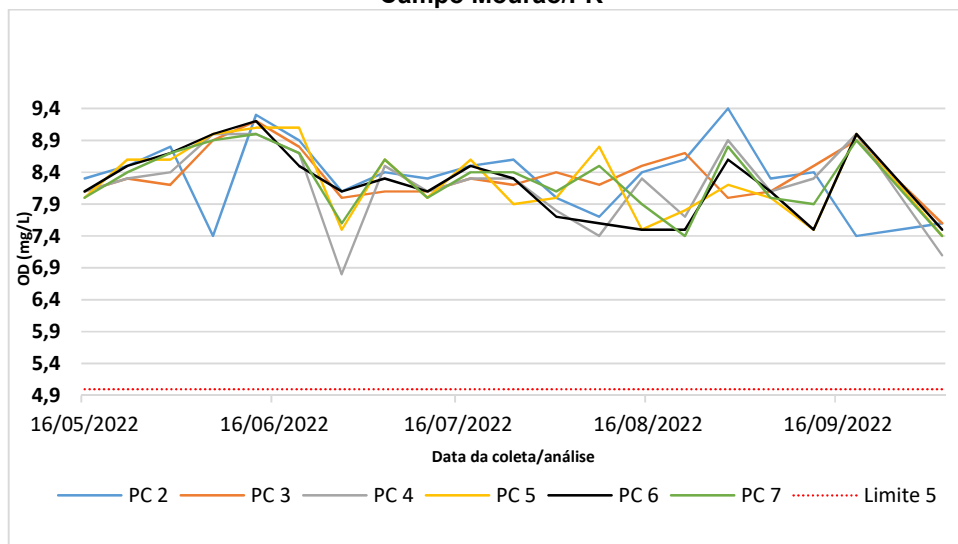
**Fonte: Adaptado de Marmontel e Rodrigues (2015)**

Entre as nascente relatadas pelos autores, as nascentes N1 e N2 tiveram os menores valores para os parâmetros temperatura, turbidez, cor, nitrato, nitrito e ferro, e valores próximos à neutralidade em pH. A N3 mostrou os menores valores para os parâmetros condutividade elétrica, TDS, salinidade e pH. As nascentes N1 e N2 apresentam sete parâmetros adequados para uma água de qualidade, demonstrando que a mata ciliar auxilia na proteção qualitativa da água (Marmontel; Rodrigues, 2015). Ao comparar os dados da literatura com o observado para a nascente em estudo, observa-se que os valores de pH são próximos ao indicados para a nascente N3, que possui bambuzal e mata ciliar.

Comparando com um contexto mais próximo, Daneluz e Tessaro (2015) realizaram análises físico-químicas e microbiológicas em 45 nascentes localizadas no município de Dois Vizinhos/PR, observando que o pH das amostras variou entre 6,1 e 8,3. No entanto, os autores não descrevem as características ao entorno das nascentes, tais como a cobertura de terra e conservação da vegetação, que, como apontado por Marmontel e Rodrigues (2015), influenciam as propriedades físico-químicas da água da nascente.

Os resultados de oxigênio dissolvido (OD) nos oito pontos de coleta são apresentados na Figura 19.

**Figura 19 - Resultados das análises de OD em diferentes pontos de coleta no Rio do Campo, Campo Mourão/PR**



**Fonte: Autoria própria (2023)**

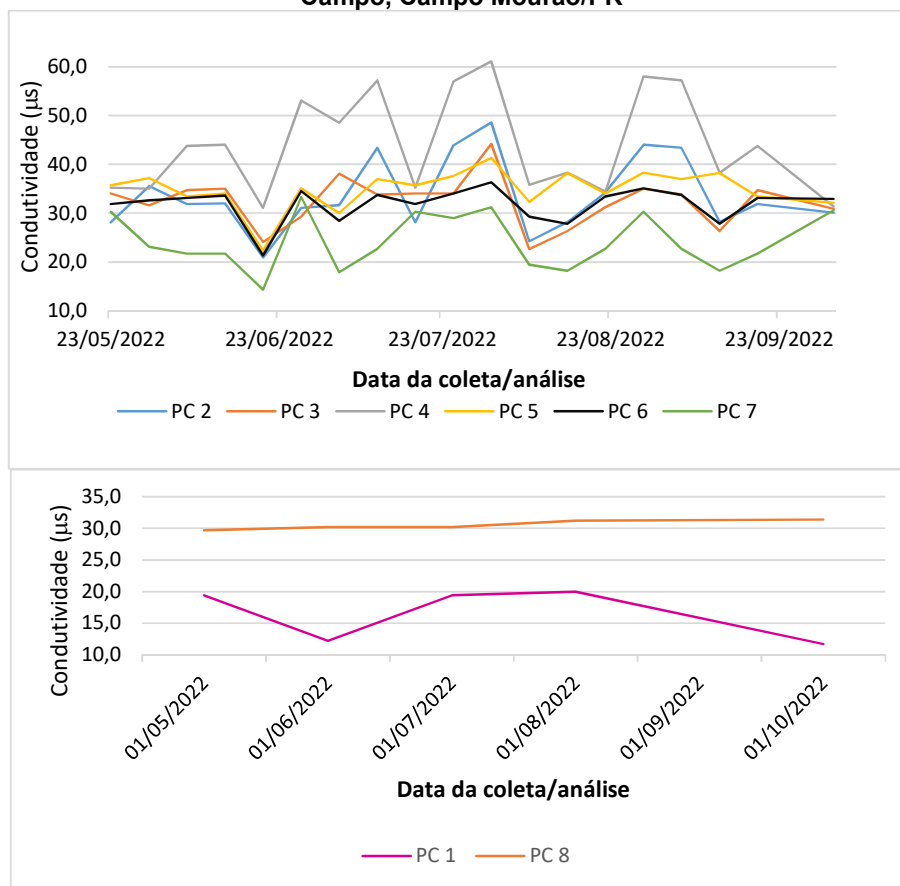
O oxigênio dissolvido é uma variável extremamente importante, pois é necessário para a respiração da maioria dos organismos que habitam o meio aquático. Águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração de OD, pois este é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica. Em contrapartida, águas límpidas tendem a apresentar OD mais elevado, exceto em casos em que condições naturais, como espessura da lâmina de água, temperatura e pressão

causem baixos valores deste parâmetro (Brasília, 2016). As reações bioquímicas que utilizam o oxigênio aumentam com a elevação da temperatura, portanto, o nível de OD tende a ser mais crítico no verão, período em que sua solubilidade em água diminui e, principalmente em águas eutrofizadas, seu consumo aumenta (Garcia *et al.*, 2020).

Considerando que a Resolução CONAMA nº 357/2005 orienta que o teor de OD, em qualquer amostra, não deve ser inferior a 6 mg/L O<sub>2</sub>, observa-se que todas as amostras avaliadas estão de acordo com a legislação.

Na Figura 20 são apresentados os resultados das análises de condutividade nos oito pontos de coleta no Rio do Campo.

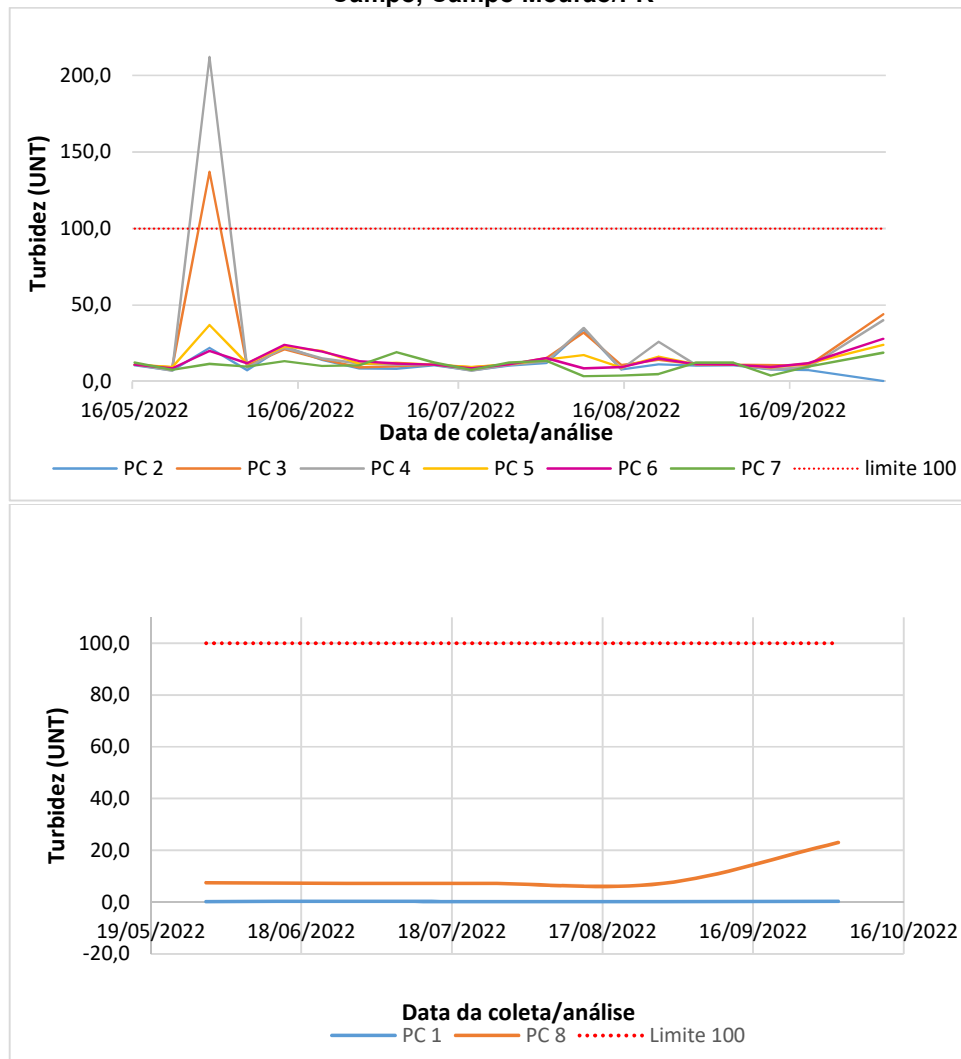
**Figura 20 - Resultados das análises de condutividade em diferentes pontos de coleta no Rio do Campo, Campo Mourão/PR**



Fonte: Autoria própria (2023)

Na Figura 21 são apresentados os resultados das análises de turbidez nos oito pontos de coleta no Rio do Campo.

**Figura 21 - Resultados das análises de turbidez em diferentes pontos de coleta no Rio do Campo, Campo Mourão/PR**



Fonte: Autoria própria (2023)

Considerando que a Resolução CONAMA nº 357/2005 orienta que a turbidez de amostras de água deve ser até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT), observa-se que os pontos 3 e 4, para as amostras coletadas em 30/05/2022 (Figura 21), apresentam turbidez acima do indicado pela legislação. As demais análises realizadas estão de acordo com a referida resolução.

A turbidez percebida nos pontos 3 e 4 está relacionada à diversos fatores que contribuem para o ingresso de sedimentos no corpo hídrico da bacia do Rio do Campo. Entre eles, destacam-se práticas agrícolas inadequadas, como o preparo do solo e a semeadura realizados na direção da vertente, o que promove a compactação do solo e intensifica o escoamento superficial da água, arrastando sedimentos para nascentes

e diretamente para o curso d'água. Além disso, a falta de medidas de conservação nas estradas rurais favorece o escoamento das águas pluviais em direção aos cursos d'água, resultando em erosão em sulcos nas margens e no preenchimento das caixas de contenção com sedimentos. Essas caixas, frequentemente superlotadas durante períodos chuvosos, transbordavam, não retendo adequadamente os sedimentos (Crispim; Malysz, 2012).

Segundo os autores mencionados anteriormente, essas condições alteram consideravelmente a qualidade da água do Rio do Campo, especialmente em relação à turbidez, cujos valores variam entre 30 e 40 UNT em condições normais, podendo atingir níveis extremos de até 1000 UNT em situações críticas, equivalentes a concentrações elevadas de partículas sólidas em suspensão. Em tais casos, o tratamento de água na Estação de Tratamento de Água precisa ser interrompido de forma imediata (Crispim; Malysz, 2012).

Os resultados das análises microbiológicas dos oito pontos do Rio do Campo são apresentados no Quadro 9.

**Quadro 9 - Resultados das análises microbiológicas em diferentes pontos do Rio do Campo**

DATA DA COLETA	PONTO	Coliformes totais										<i>Escherichia coli</i>									
		Teste presumitivo					Teste confirmativo														
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	NMP/100mL	1	2	3	4	5	NMP/100mL			
30/05/2022	1	-	-	-	-	-															
	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	>16,0	+	+	+	+	+	>16,0			
	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	>16,0	+	+	+	+	+	>16,0			
	4	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	16,0	+	+	+	+	+	>16,0			
	5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	>16,0	+	+	+	+	+	>16,0			
	6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	<16,0	+	+	+	+	+	>16,0			
	7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	<16,0	+	+	+	+	+	>16,0			
	8	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	<16,0	+	+	+	+	+	>16,0			
	C	-	-	-	-	-															
27/06/2022	1	-	-	-	-	-															
	2	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	9,2	+	+	+	+	+	>16,0			
	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	>16,0	+	+	+	+	+	>16,0			
	4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	>16,0	+	+	+	+	+	>16,0			
	5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	>16,0	+	+	-	-	+	9,2			
	6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	16,0	+	+	-	-	+	9,2			
	7	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	9,2	+	+	+	-	+	16,0			
	8	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	5,1	+	+	+	+	-	16,0			
	C	-	-	-	-	-															

25/07/2022	1	-	-	-	-	-													
	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	>16,0	+	-	+	-	+		9,2
	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	>16,0	-	+	+	-	+		9,2
	4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	>16,0	+	+	-	-	+		9,2
	5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	>16,0	-	-	+	-	+		5,1
	6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	>16,0	-	-	-	-	+		2,2
	7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	>16,0	-	-	+	-	-		2,2
	8	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	>16,0	+	-	-	-	-		2,2
	C	-	-	-	-	-													
29/08/2022	1	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	2,2	-	+	-	+	-		5,1
	2	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	16,0	+	+	+	-	+		16,0
	3	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	5,1	+	-	+	+	+		16,0
	4	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	16,0	+	+	-	+	-		9,2
	5	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	9,2	+	+	+	+	+		<16,0
	6	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	16,0	-	+	+	+	+		16,0
	7	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	16,0	+	+	+	-	+		16,0
	8	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	9,2	-	+	-	+	-		5,1
	C	-	-	-	-	-													

Fonte: Autoria própria (2023)

Os resultados das análises realizadas indicam que, as amostras coletadas na nascente resultaram negativo para Coliformes totais e *Escherichia coli*, diferente do observado para amostras coletadas em trechos do Rio do Campo. Tal fato reforça a importância da ação de preservação do local para qualidade da água na nascente. Já para os pontos de coleta localizados na área urbana, observa-se que a qualidade microbiológica da água sofre influência da chuva, indicando que a presença que as ações antrópicas próximos a esses pontos são fatores que impactam diretamente na potabilidade da água.

Vale ressaltar que, naturalmente as águas possuem microrganismos, no entanto, quando esgotos domésticos e adubos utilizados na agricultura (que são fabricados utilizando substâncias ricas em nitrogênio, fósforo e potássio), por meio do escoamento da chuva, encontram corpos d'água (tais como os rios), estes se tornam um meio de cultura ideal para o desenvolvimento de microrganismos patogênicos. Caso essa água seja utilizada sem o devido tratamento pode causar doenças na população. A Resolução do CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000, alerta sobre o perigo desses microrganismos e que água se torna inapropriada até ser devidamente tratada (Brasil, 2013).

Entre os microrganismos que causam doenças de origem hídrica, destacam-se os coliformes e a *Escherichia coli*. Coliformes são bactérias gram-negativos,

podendo ser aeróbios ou anaeróbios, ou seja, são microrganismos que utilizam ou não oxigênio, capazes de fermentar a lactose com produção de gás. Esse tipo de bactéria é encontrada naturalmente no meio ambiente, como no solo e na água, e nas fezes de humanos e de animais de corpo quente. Apenas utilizando o resultado positivo de coliformes totais sozinho não é suficiente para afirmar que a água está comprometida, porém, o resultado está alertando que é possível que a água possua patógenos que possam ser prejudiciais à saúde (Brasil, 2013).

O grupo de coliformes termotolerantes, antes denominados de coliformes fecais, incluem bactérias que suportam temperaturas acima de 40 °C e são excretados pelas fezes de animais de sangue quente ou humanos (Brasil, 2013). Dentro desse grupo está a bactéria *Escherichia coli*, que ao ser ingerida pode causar diversas patologias como: diarreia, náuseas, dor abdominal, perda de apetite, febre, entre outros sintomas mais graves. Vale lembrar que a portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde reforça que a água deve ser ausente para microrganismo patológicos para ser considerada potável (Oliveira, 2015).

No período de 26/10/2017 a 03/04/2023, a estação hidrometeorológica realizou 15 análises de água do Rio do Campo, em todas foram quantificadas a presença de *Escherichia coli*, independentemente das condições climáticas no momento da coleta. Segundo Mezzomo *et al.* (2015), que analisaram a qualidade da água em três nascentes do rio do Campo localizadas no distrito de Piquirivaí - sendo uma delas responsável pelo abastecimento urbano da região -, os resultados obtidos para coliformes totais e coliformes termotolerantes foram inferiores a 1,1 NMP/100 mL. Esses valores atendem aos padrões estabelecidos pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, que determina um limite máximo de 1,1 NMP/100 mL para esses indicadores microbiológicos.

Silva e Gasparetto (2016), ao realizarem sete campanhas de coleta com periodicidade bimestral entre junho de 2012 e julho de 2013 em cinco pontos distintos do Rio do Campo, observaram concentrações de *Escherichia coli* superiores aos limites estabelecidos pela resolução vigente. Segundo os autores, as amostras coletadas durante os períodos chuvosos apresentaram aumento significativo nas concentrações de diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, especialmente de *E. coli*, sólidos suspensos totais, turbidez, fósforo, ferro, manganês, cobre e chumbo. Esses resultados evidenciam a influência direta da precipitação e do

escoamento superficial na qualidade da água, decorrente do aporte de sedimentos e poluentes ao corpo hídrico.

Diante disso, visando à preservação desse manancial, torna-se fundamental a implementação de um manejo adequado do solo, por meio da adoção de práticas conservacionistas capazes de minimizar o escoamento superficial induzido pelas águas pluviais. Tais medidas contribuem para a redução da erosão do solo na sub-bacia hidrográfica e, conseqüentemente, para a diminuição da entrada de sedimentos e poluentes nos corpos d'água (Silva; Gasparetto, 2016).

## **6.2 Ação antrópica na nascente do Rio do Campo (distrito de Piquirivaí)**

Uma das nascentes do Rio do Campo fica localizada em Piquirivaí, distrito de Campo Mourão, essa nascente está sob os cuidados da Associação da Unidade de Água de Piquirivaí, que foi criada em 28 de junho de 2008. A associação cuida dos interesses da comunidade e da manutenção dos equipamentos e das análises que são realizadas por um laboratório particular contratado pela associação. A comunidade é abastecida por um poço artesiano nos dias de semana, porém, segundo o presidente aos finais de semana a quantidade de água que é utilizada pelos moradores é maior, sendo necessário que a cisterna que é abastecida pela nascente do rio seja acionada para ajudar a abastecer a caixa de água do distrito, que possui uma população de cerca de 1000 pessoas (Silva; Mezzomo; Gonçalves, 2019).

No Quadro 10 são apresentados os resultados da análise da ação antrópica na nascente do Rio do Campo.

Quadro 10 - Resultados da análise da ação antrópica na nascente do Rio do Campo

<b>Localização</b>					
<b>Data da coleta:</b>	22/07/2023	<b>Hora da coleta</b>		13 h 49 min	
<b>Tempo (Situação do dia):</b>	Sol				
<b>Modo de coleta</b>	Manual				
<b>Temperatura da água:</b>	18.3				
<b>Parâmetros</b>	<b>Pontuação</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>		<b>3</b>	<b>Pontos</b>
<b>Cor da água</b>	Escura	( )	Clara	( )	Transparente (X) 3
<b>odor</b>	Cheiro forte	( )	Cheiro fraco	( )	Sem cheiro (X) 3
<b>Lixo ao redor</b>	Muito	( )	Pouco	( )	sem lixo (X) 3
<b>Materias flutuantes</b>	Muito	( )	Pouco	( )	Sem materiais flutuantes (X) 3
<b>Espuma</b>	Muita	( )	Pouca	( )	sem espuma (X) 3
<b>Óleos</b>	Muito	( )	Pouco	( )	Sem óleos (X) 3
<b>Esgoto</b>	Domestico	( )	Fluxo superficial	( )	Sem esgoto (X) 3
<b>Vegetação (preservação)</b>	Alta degradação	( )	Baixa degradação	(X)	Preservado ( ) 2
<b>Uso por animais</b>	Presença	( )	Apenas marca	( )	Não detectado (X) 3
<b>Uso por humanos</b>	Presença	(X)	Apenas marca	( )	Não detectado ( ) 1
<b>Proteção Local</b>	Sem proteção	( )	Com proteção (mas com acesso)	(X)	com proteção (sem acesso)_ ( ) 2
<b>Proximidade com residência ou estabelecimento</b>	Menos de 50M	( )	Entre 50M e 100M	(X)	Mais de 100M ( ) 2
<b>Tipo de área de inserção</b>	Ausente	( )	Propriedade privada	(X)	Parques ou áreas protegidas ( ) 2
<b>Total de pontos</b>					<b>33</b>

<b>Classe</b>	<b>Grau de preservação</b>	<b>Pontuação final</b>
A	Ótima	Entre 37 a 39 pontos
B	Boa	Entre 34 a 36 pontos
<b>C</b>	<b>Razoável</b>	<b>Entre 31 a 33 pontos</b>
D	Ruim	Entre 28 e 30 pontos
E	Péssimo	Abaixo de 28 pontos

**Fonte: Autoria própria (2023)**

A somatória da pontuação dos 13 parâmetros resultou em 33 pontos, indicando que o grau de preservação da nascente é razoável. Os parâmetros que não tiveram nota máxima, e merecem destaque, são: (i) preservação da vegetação, que teve pontuação atribuída igual a 2, uma vez que existem algumas evidências de degradação da vegetação no entorno da nascente; (ii) uso por humanos, que teve pontuação atribuída igual a 1, uma vez que a nascente há vários anos é utilizada pela população do distrito para complementar o abastecimento público; (iii) proteção local, que teve pontuação atribuída igual a 2, uma vez que, apesar da nascente ter sido protegida há alguns anos, existe o acesso de algumas pessoas até a nascente; (iv) proximidade com residência, que teve pontuação atribuída igual a 2, uma vez que existe residência a menos de 100 m; (v) tipo de área de inserção, que teve nota atribuída igual a 2, uma vez que a nascente está localizada em propriedade privada.

Essa nascente tem sido objeto de estudo ao longo dos anos, Mezzomo *et al.* (2015, p. 5) descreveu a nascente da seguinte forma:

[...] não possui cercas de proteção, apresenta área de manancial, cultivo da soja nas áreas vizinhas a vegetação ciliar, além da água ser drenada para o abastecimento de 537 habitantes da área urbana. [...] Próximo a essa nascente existem muitos pontos de assoreamento e até mesmo ravinas, e um agravante: o cemitério local está situado na parte superior dessa nascente. [...] A nascente [...] possui uma bomba para uma caixa d'água localizada no centro da área urbana, onde é tratada com a adição de cloro antes da distribuição às residências.

A principal diferença em relação ao relatado acima é que atualmente a nascente encontra-se protegida, tal como pode ser observado na Figura 8. Com relação ao tipo de proteção destacamos o trabalho de Crispim e Malysz (2012), que trabalharam, em pequenas propriedades agrícolas na bacia hidrográfica do Rio do Campo no município de Campo Mourão/PR, com uma técnica de preservação e recuperação de nascentes utilizando solo-cimento.

### **6.3 Ação antrópica em trechos do Rio do Campo**

Para a análise da ação antrópica em trechos do Rio do Campo aplicou-se um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats, que foi desenvolvido por Callisto *et al.* (2002) para ser utilizado como ferramenta em atividades de ensino e pesquisa. Esse protocolo avalia características físicas e ambientais dos ambientes aquáticos, tais como qualidade da água e do sedimento, tipo de ocupação das margens, presença de erosão e assoreamento, extensão da mata ciliar, cobertura vegetal, largura de trechos de rápidos e remansos, bem como o estado geral de conservação do ambiente. Trata-se de uma adaptação da proposta original de Hannaford, Barbour e Resh (1997) e da metodologia desenvolvida pela Agência de Proteção Ambiental de Ohio em 1987. A validação do protocolo foi realizada durante aulas práticas de disciplinas de graduação em Ciências Biológicas e pós-graduação em Ecologia. Segundo os autores, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os resultados obtidos por estudantes com e sem treinamento prévio em ecologia de rios, evidenciando a simplicidade e a facilidade de aplicação dessa ferramenta em contextos educacionais (Callisto *et al.*, 2002).

O Quadro 11 apresenta os resultados das análises das ações antrópicas em trechos do Rio do Campo.

**Quadro 11 - Resultados das análises das ações antrópicas em trechos do Rio do Campo**

Parâmetros	Ponto de coleta						
	2	3	4	5	6	7	8
1. Tipo de ocupação das margens do corpo de água (principal atividade)	2	0	0	0	0	0	2
2. Erosão próxima e/ou margens do rio e assoreamento seu leito	2	2	2	2	2	2	2
3. Alterações antrópicas	2	2	2	2	2	2	2
4. Cobertura vegetal no leito	2	2	2	2	0	0	0
5. Odor da água	0	0	0	0	0	0	0
6. Oleosidade da água	0	0	0	0	0	0	0
7. Transparência da água	2	2	2	2	2	2	2
8. Odor do sedimento	4	4	4	4	4	4	4
9. Oleosidade do fundo	4	4	4	4	4	4	4
10. Tipos de fundo	2	2	2	2	2	2	2
Soma	20	18	18	18	18	18	20

Fonte: Autoria própria (2023)

Em relação às ações antrópicas, observou-se em todos os pontos de coleta localizados na área urbana vários tipos de resíduos (pneus, sacolas plásticas, isopor, garrafas PET, entre outros).

A área urbana do município de Campo Mourão exerce influência significativa sobre a qualidade das águas do Rio do Campo, especialmente no trecho em que o curso hídrico atravessa o perímetro urbano. Sua localização sobre o divisor de águas da sub-bacia hidrográfica intensifica esse impacto, uma vez que parte substancial das águas pluviais drenadas na zona urbana converge para o rio, carreando consigo poluentes oriundos de fontes difusas (Carvalho *et al.*, 2015; Silva; Gasparetto, 2016).

O escoamento superficial nas áreas impermeabilizadas - como vias pavimentadas, calçadas e telhados - é um dos principais vetores de contaminação do corpo hídrico. Durante eventos chuvosos, as águas superficiais recolhem resíduos sólidos e substâncias dissolvidas acumuladas nessas superfícies, tais como partículas de lixo doméstico, óleos automotivos, fertilizantes e outros produtos químicos, direcionando-os diretamente ao rio por meio de galerias pluviais ou cursos naturais. Esse processo constitui uma ameaça à qualidade da água e ao equilíbrio dos ecossistemas aquáticos (Silva; Gasparetto, 2016).

Estudos e observações realizadas no leito e na APP do rio revelam a presença de resíduos sólidos, dentre os quais se destacam embalagens plásticas (como garrafas PET), recipientes de alimentos e outros materiais descartáveis. Parte desses resíduos é lançada diretamente na APP, evidenciada pela forma dispersa e irregular como são encontrados, enquanto outra parcela provém do descarte inadequado em

logradouros públicos, sendo subseqüentemente transportada pelas águas de escoamento superficial até o leito do rio (Silva; Gasparetto, 2016).

Crispim *et al.* (2019) destacam que os rios da bacia hidrográfica Rio do Campo recebem, ao longo de seus cursos, diversos tipos de pressões antrópicas, tais como despejos clandestinos, efluentes provenientes de abatedouros de aves e esgoto oriundo de duas estações de tratamento da cidade de Campo Mourão. Além disso, há um Parque Industrial localizado às margens desses cursos d'água, representando um alto risco de contaminação. Outro fator de impacto identificado é a carga sedimentar decorrente da agricultura praticada na região a montante da bacia hidrográfica.

Essas dinâmicas reportadas para o contexto de Campo Mourão refletem a necessidade de políticas públicas integradas de gestão de resíduos sólidos e de Educação Ambiental, capazes de mitigar os efeitos adversos da urbanização desordenada sobre os recursos hídricos. A preservação da qualidade da água no Rio do Campo implica não apenas ações corretivas, mas também estratégias preventivas (Silva; Gasparetto, 2016).

O desenvolvimento de protocolos para um eficiente monitoramento da qualidade dos rios é de fundamental importância para o planejamento ambiental. Alguns exemplos reportados na literatura são descritos por Ramos *et al.* (2017) e Campos e Nucci (2019; 2021). Ramos *et al.* (2017) apresentam uma ferramenta analítica baseada no inventário de avaliação visual das condições de rios urbanos, que correlaciona aspectos da dinâmica social e da transformação da paisagem natural na bacia em estudo. Segundo os autores, o inventário produzido constitui uma ferramenta de suporte para o diagnóstico, a análise dos processos de modificação do ambiente natural e o planejamento ambiental.

Em contrapartida, os estudos de Campos e Nucci (2019; 2021) apresentam o Protocolo de Avaliação Rápida de Rios Urbanos (PARU) e os resultados de sua aplicação no rio Palmital, localizado em uma área de manancial de abastecimento público da Região Metropolitana de Curitiba. Segundo os autores, o PARU demonstrou-se uma ferramenta simples e acessível para o monitoramento dos ambientes fluviais e pode ser utilizada por órgãos ambientais, bem como na educação formal e informal da população, favorecendo a participação popular nas tomadas de decisão relacionadas ao planejamento urbano (Campos; Nucci, 2019; 2021).

A partir da análise dos resultados apresentados por Ramos *et al.* (2017) e Campos e Nucci (2019; 2021), é possível identificar importantes possibilidades de aplicação educativa relacionadas ao uso de protocolos de avaliação ambiental para o monitoramento da qualidade dos rios. Esses instrumentos, desenvolvidos com fins de diagnóstico e planejamento ambiental, revelam-se não apenas ferramentas técnicas, mas também recursos pedagógicos promissores para a Educação para os Recursos Hídricos (Quadro 12).

**Quadro 12 - Possibilidade de implicações para práticas educativas a partir da análise dos trabalhos de Ramos *et al.* (2017) e Campos e Nucci (2019; 2021)**

Eixos observados na literatura	Implicações para práticas educativas
<p><b>Protocolos como ferramentas pedagógicas para o ensino de Ciências e Educação Ambiental.</b> Os protocolos de avaliação ambiental, como o inventário visual proposto por Ramos <i>et al.</i> (2017) e o Protocolo de Avaliação Rápida de Rios Urbanos (PARU) de Campos e Nucci (2019; 2021), são estratégias acessíveis e adaptáveis que podem ser utilizadas no ensino formal e informal. Esses instrumentos permitem a integração entre teoria e prática, ao mesmo tempo em que promovem a interdisciplinaridade, envolvendo conhecimentos de Biologia, Química, Geografia, Sociologia e Gestão Ambiental.</p>	<p><b>Aprendizagem baseada em projetos:</b> Os alunos podem participar de simulações ou estudos reais de campo, aplicando os protocolos em rios ou córregos próximos às escolas. <b>Educação científica e ambiental integradas:</b> A coleta e análise de dados sobre a qualidade da água permitem o desenvolvimento de habilidades científicas, como observação, análise crítica e interpretação de resultados. <b>Contextualização socioambiental:</b> A correlação entre a transformação da paisagem natural e as dinâmicas sociais e econômicas pode ser explorada em debates e atividades interdisciplinares.</p>
<p><b>Promoção da cidadania e participação social no gerenciamento de recursos hídricos.</b> Ambos os estudos destacam a importância de incluir a população no processo de monitoramento e gestão dos recursos hídricos. O PARU, em especial, é descrito como uma ferramenta que pode ser utilizada não apenas por técnicos ambientais, mas também por professores, estudantes e comunidades locais, promovendo a educação ambiental participativa.</p>	<p><b>Educação para a participação cidadã:</b> Projetos escolares podem envolver parcerias com comitês de bacia hidrográfica, órgãos ambientais e ONGs, promovendo ações de monitoramento comunitário. <b>Conscientização sobre políticas públicas:</b> Através da aplicação de protocolos, os alunos podem compreender o papel das políticas de gestão hídrica, como a Lei 9.433/1997, e a importância da participação social no planejamento urbano e ambiental. <b>Fortalecimento de redes educativas locais:</b> A aplicação de protocolos em escolas pode fortalecer a relação entre educação ambiental e gestão territorial, integrando escolas, comunidades e instituições de ensino superior.</p>
<p><b>Desenvolvimento de competências para a sustentabilidade.</b> Os protocolos de avaliação da qualidade dos rios são ferramentas que permitem o desenvolvimento de competências essenciais para a educação ambiental e a sustentabilidade, como pensamento sistêmico, tomada de decisão consciente e sensibilidade socioambiental.</p>	<p><b>Desenvolvimento do pensamento crítico:</b> Os alunos podem comparar os resultados de diferentes pontos de coleta, analisar tendências e propor soluções para os problemas identificados. <b>Reflexão sobre os impactos das ações humanas:</b> A partir dos dados coletados, é possível discutir os efeitos do uso do solo, da impermeabilização urbana, do descarte inadequado de resíduos e do uso da água em diferentes contextos. <b>Formação para a sustentabilidade:</b> Os protocolos podem ser usados como base para a elaboração de planos de ação escolares ou comunitários,</p>

	incentivando práticas de conservação e uso responsável da água.
<b>Aplicação em diferentes contextos educacionais e territórios.</b>	A simplicidade e a acessibilidade metodológica dos protocolos descritos permitem sua aplicação em diversos contextos educacionais, incluindo: (i) Escolas urbanas e rurais, com adaptações conforme a realidade local; (ii) Educação infantil, ensino fundamental, médio e técnico, com diferentes níveis de complexidade; (iii) Espaços não formais de educação, como centros de ciência, museus, ONGs e unidades de conservação.

Fonte: Autoria própria (2025)

Os protocolos de avaliação da qualidade dos rios, como os descritos por Ramos *et al.* (2017) e Campos e Nucci (2019; 2021), são ferramentas valiosas para o planejamento de práticas educativas que promovam a Educação para os Recursos Hídricos. A partir da análise dos trabalhos dos referidos autores, entendemos que sua aplicação em contextos educacionais permite: (i) Integrar teoria e prática no ensino das Ciências; (ii) Desenvolver competências científicas e socioambientais; (iii) Incentivar a participação cidadã na gestão dos recursos hídricos; (iv) Promover a educação interdisciplinar e crítica.

Essas estratégias podem contribuir significativamente para a formação de indivíduos conscientes e engajados com a conservação e o uso sustentável da água, em consonância com os princípios da Educação Ambiental e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

#### 6.4 Bioensaios de germinação de sementes

Os resultados dos bioensaios de germinação de sementes são apresentados nos Quadros 13 a 17.

**Quadro 13 - Resultados do teste de germinação de sementes de couve-brócolis (Período de realização: 23/05/2022 - 06/06/2022)**

Amostra	Replica	Germinação (n)	Germinação Total	CR (cm)	CR Total (cm)	CC (cm)	CC Total (cm)	% GS	% GRS	% CRR	% CRC	IG
Água mineral	1	9	28	35,4	101,1	32,3	95,2	93,3	100,0	100,0	100,0	100,0
	2	10		45,5		31,7						
	3	9		20,2		31,2						

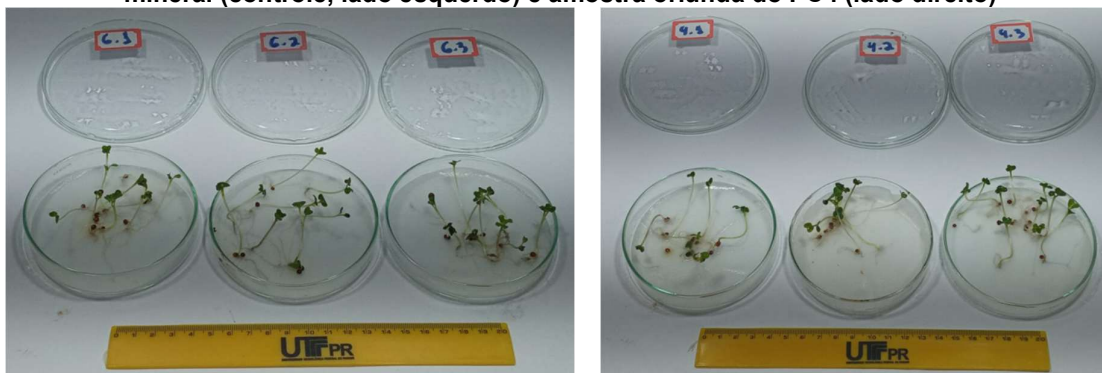
PC2	1	10	29	41,0	139,1	29,3	87,7	96,7	103,6	137,6	92,1	142,5
	2	10		48,4		29,8						
	3	9		49,7		28,6						
PC3	1	10	28	32,9	86,4	32,0	85,6	93,3	100,0	85,5	89,9	85,5
	2	8		30,1		27,9						
	3	10		23,4		25,7						
PC4	1	8	25	23,7	67,6	27,9	80,6	83,3	89,3	66,9	84,7	59,7
	2	7		21,7		23,2						
	3	10		22,2		29,5						
PC5	1	7	25	30,2	96,2	27,3	80,5	83,3	89,3	95,2	84,6	85,0
	2	8		25,1		25,7						
	3	10		40,9		27,5						
PC6	1	7	23	37,3	94,1	28,1	76,9	76,7	82,1	93,1	80,8	76,5
	2	8		28,3		27,2						
	3	8		28,5		21,6						
PC7	1	10	28	29,3	96,5	33,6	83,8	93,3	100,0	95,5	88,0	95,5
	2	8		27,0		25,8						
	3	10		40,2		24,4						

Legenda: CR: Comprimento da Radícula; CC: Comprimento do Caulículo; % CRC: Percentual de Crescimento Relativo do Caulículo; % CRR: Percentual de Crescimento Relativo da Radícula; % GRS: Percentual de Germinação Relativa de Sementes; % GS: Percentual de Germinação de Sementes; Índice de Germinação (IG).

Fonte: Autoria própria (2023)

No primeiro teste de germinação de sementes, realizado no período de 23/05 a 06/06/2022, utilizou-se couve-brócolis como organismo-teste (Quadro 13). Na Figura 22 é apresentado, a nível de exemplificação, os resultados obtidos para os testes utilizando água mineral (controle, lado esquerdo) e amostra oriunda do PC4 (lado direito).

Figura 22 - Resultados obtidos nos testes de germinação de couve-brócolis utilizando água mineral (controle, lado esquerdo) e amostra oriunda do PC4 (lado direito)



Fonte: Autoria própria (2022)

Observou-se que o ensaio realizado com a amostra oriunda do PC2 resultou em valores maiores para todos os parâmetros calculados quando comparados ao controle (água mineral). Esse aumento relativo pode estar associado à presença de substâncias que atuam como indutores de germinação e crescimento, utilizadas intencionalmente com esse propósito em propriedades rurais próximas ao Rio do Campo. Segundo Amaro *et al.* (2020, p. 232), “[...] a aplicação de reguladores de crescimento nos estádios iniciais de desenvolvimento da plântula, assim como sua utilização no tratamento de sementes, pode estimular o crescimento radicular, atuando na recuperação mais acelerada das plântulas em condições desfavoráveis”.

Nos demais ensaios realizados, todas as amostras resultaram em valores inferiores aos do controle, indicando a presença de substâncias que afetam negativamente a germinação das sementes e/ou o desenvolvimento das plântulas. A amostra coletada no PC4 foi a que mais influenciou negativamente os parâmetros avaliados. Diversos resíduos produzidos pelas ações antrópicas contêm substâncias com potencial tóxico para organismos vivos. Gomes (2017), ao analisar o potencial tóxico do lixiviado gerado em uma célula do aterro sanitário localizado em Campina Grande, observou que o lixiviado apresentou fitotoxicidade em dois tipos de sementes utilizados no bioensaio: tomate (*Solanum lycopersicum*) e repolho (*Brassica oleraceae*).

No segundo teste de germinação de sementes, realizado no período de 30/05 a 13/06/2022, utilizou-se cebola como organismo-teste (Quadro 14).

**Quadro 14 - Resultados da germinação de sementes de cebola (Período de realização: 30/05/2022 - 13/06/2022)**

Amostra	Replica	Germinação (n)	Germinação Total	CR (cm)	CR Total (cm)	CC (cm)	CC Total (cm)	% GS	% GRS	% CRR	% CRC	IG
Água mineral	1	9	28	15,6	51,9	2,7	15,6	93,3	100,0	100,0	100,0	100,0
	2	9		15,1		3,0						
	3	10		21,2		9,9						
PC1	1	8	26	0,0	8,3	3,3	7,6	86,7	92,9	16,0	48,7	14,8
	2	10		7,8		2,7						
	3	8		0,5		1,6						
PC2	1	7	19	5,1	11,8	4,0	8,4	63,3	67,9	22,7	53,8	15,4

	2	8		6,7		4,4						
	3	4		0,0		0,0						
PC3	1	4	19	4,4	13,5	2,4	5,9	63,3	67,9	26,0	37,8	17,7
	2	7		6,7		2,7						
	3	8		2,4		0,8						
PC4	1	5	15	1,5	2,6	2,0	3,0	50,0	53,6	5,0	19,2	2,7
	2	4		0,0		0,0						
	3	6		1,1		1,0						
PC5	1	6	18	1,3	7,6	0,4	7,9	60,0	64,3	14,6	50,6	9,4
	2	6		2,6		1,3						
	3	6		3,7		6,2						
PC6	1	6	20	3,6	16,6	0,8	5,1	66,7	71,4	32,0	32,7	22,8
	2	6		0,0		0,0						
	3	8		13,0		4,3						
PC7	1	6	17	2,5	4,2	1,3	2,1	56,7	60,7	8,1	13,5	4,9
	2	3		0,0		0,0						
	3	8		1,7		0,8						
PC8	1	5	14	1,5	10,4	1,1	10,4	46,7	50,0	20,0	66,7	10,0
	2	6		3,1		1,7						
	3	3		5,8		7,6						

Legenda: CR: Comprimento da Radícula; CC: Comprimento do Caulículo; % CRC: Percentual de Crescimento Relativo do Caulículo; % CRR: Percentual de Crescimento Relativo da Radícula; % GRS: Percentual de Germinação Relativa de Sementes; % GS: Percentual de Germinação de Sementes; Índice de Germinação (IG).

Fonte: Autoria própria (2023)

Observou-se que todos os ensaios, incluindo a amostra oriunda da nascente, realizados apresentaram resultados de germinação e desenvolvimento de plântulas inferiores ao do controle. Tal fato chama a atenção para a presença de substâncias com potencial alelopático para o organismo-teste. Segundo Maraschin-Silva e Aqüila (2006), que estudaram o potencial alelopático de espécies nativas na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa*, a alelopatia refere-se ao fenômeno de interferência entre plantas mediado pela liberação de metabólitos primários e secundários no ambiente, os quais podem influenciar o desenvolvimento da vegetação adjacente. Essas substâncias, denominadas aleloquímicos, são liberadas por meio de diferentes vias, como volatilização pelas partes aéreas, lixiviação por chuva, orvalho ou neblina, exsudação radicular, bem como decomposição de resíduos vegetais e lixívia de serapilheira.

No terceiro teste de germinação de sementes, realizado no período de 30/05 a 13/06/2022, utilizou-se couve-brócolis como organismo-teste (Quadro 16).

**Quadro 15 - Resultados da germinação de sementes de couve-brócolis (Período de realização: 13/06/2022 - 27/06/2022)**

Amostra	Replica	Germinação (n)	Germinação Total	CR (cm)	CR Total (cm)	CC (cm)	CC Total (cm)	% GS	% GRS	% CRR	% CRC	IG
Água mineral	1	8	27	3,5	12,7	3,6	10,9	90,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	2	9		4,9		3,9						
	3	10		4,3		3,4						
PC2	1	7	20	3,0	7,7	2,8	8,1	66,7	74,1	60,6	74,3	44,9
	2	8		2,8		3,4						
	3	5		1,9		1,9						
PC3	1	6	18	2,6	7,6	2,4	6,3	60,0	66,7	59,8	57,8	39,9
	2	5		2,9		2,1						
	3	7		2,1		1,8						
PC4	1	9	12	2,9	6,3	2,8	6,1	40,0	44,4	49,6	56,0	22,0
	2	2		1,5		1,7						
	3	1		1,9		1,6						
PC5	1	8	23	1,5	4,8	1,6	4,4	76,7	85,2	37,8	40,4	32,2
	2	9		1,9		1,5						
	3	6		1,4		1,3						
PC6	1	4	11	2,1	7,0	1,6	6,3	36,7	40,7	55,1	57,8	22,5
	2	3		1,3		2,8						
	3	4		3,6		1,9						
PC7	1	5	17	1,9	7,3	2,4	7,7	56,7	63,0	57,5	70,6	36,2
	2	9		3,9		3,4						
	3	3		1,5		1,9						

Legenda: CR: Comprimento da Radícula; CC: Comprimento do Caulículo; % CRC: Percentual de Crescimento Relativo do Caulículo; % CRR: Percentual de Crescimento Relativo da Radícula; % GRS: Percentual de Germinação Relativa de Sementes; % GS: Percentual de Germinação de Sementes; Índice de Germinação (IG).

**Fonte: Autoria própria (2023)**

Observou-se que todos os ensaios apresentaram resultados inferiores ao controle quanto à germinação e ao desenvolvimento das plântulas. De maneira semelhante ao que foi verificado no primeiro teste, realizado com o mesmo organismo-teste, a amostra coletada em PC4 demonstrou o maior índice de fitotoxicidade observado no bioensaio.

No quarto teste de germinação de sementes, realizado no período de 11/07 a 25/07/2022, utilizou-se cebola como organismo-teste (Quadro 16).

**Quadro 16 - Resultados da germinação de sementes cebola (Período de realização: 11/07/2022 - 25/07/2022)**

Amostra	Replica	Germinação (n)	Germinação Total	CR (cm)	CR Total (cm)	CC (cm)	CC Total (cm)	% GS	% GRS	% CRR	% CRC	IG
Água mineral	1	7	25	14,8	82,3	19,9	76,1	83,3	100,0	100,0	100,0	100,0
	2	10		45,7		29,7						
	3	8		21,8		26,5						
PC2	1	7	24	15,6	56,0	22,3	63,7	80,0	96,0	68,0	83,7	65,3
	2	9		21,7		22,7						
	3	8		18,7		18,7						
PC3	1	8	24	15,8	57,4	26,2	74,1	80,0	96,0	69,7	97,4	67,0
	2	8		21,6		26,1						
	3	8		20,0		21,8						
PC4	1	9	23	23,7	58,9	17,4	64,2	76,7	92,0	71,6	84,4	65,8
	2	8		26,6		32,0						
	3	6		8,6		14,8						
PC5	1	9	24	22,7	48,8	34,3	72,4	80,0	96,0	59,3	95,1	56,9
	2	5		6,8		10,1						
	3	10		19		28,0						
PC6	1	5	19	16,5	52,5	21,5	62,5	63,3	76,0	63,8	82,1	48,5
	2	4		9,4		10,5						
	3	10		26,6		30,5						
PC7	1	7	18	18,9	52,2	21,5	47,7	60,0	72,0	63,4	62,7	45,7
	2	5		16,3		17,0						
	3	6		17,0		9,2						

Legenda: CR: Comprimento da Radícula; CC: Comprimento do Caulículo; % CRC: Percentual de Crescimento Relativo do Caulículo; % CRR: Percentual de Crescimento Relativo da Radícula; % GRS: Percentual de Germinação Relativa de Sementes; % GS: Percentual de Germinação de Sementes; Índice de Germinação (IG).

**Fonte: Autoria própria (2023)**

Observou-se que todos os ensaios apresentaram resultados inferiores ao controle quanto à germinação e ao desenvolvimento das plântulas. Ao contrário do que foi verificado no segundo teste, realizado com o mesmo organismo-teste, neste teste parece haver uma tendência de acentuação dos efeitos negativos sobre o índice de germinação à medida que o rio avança em direção ao ambiente urbano. Essa diferença pode estar relacionada a fatores como o aumento da carga poluente ou alterações na composição da água em trechos urbanos.

No quinto teste de germinação de sementes, realizado no período de 29/08 a 12/09/2022, utilizou-se couve-brócolis como organismo-teste (Quadro 17).

**Quadro 17 - Resultados da germinação de couve-brócolis (Período de realização: 29/08/2022 - 12/09/2022)**

Amostra	Replica	Germinação (n)	Germinação Total	CR (cm)	CR Total (cm)	CC (cm)	CC Total (cm)	% GS	% GRS	% CRR	% CRC	IG
Água mineral	1	10	30	12,5	47,9	29,2	104,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	2	10		16,6		37,8						
	3	10		18,8		37,6						
PC1	1	9	28	14,0	44,0	29,4	88,1	93,3	93,3	91,9	84,2	85,7
	2	9		10,5		26,0						
	3	10		19,5		32,7						
PC2	1	10	25	8,4	18,0	26,9	58,7	83,3	83,3	37,6	56,1	31,3
	2	8		4,1		12,4						
	3	7		5,5		19,4						
PC3	1	8	25	8	23,4	23,8	83,0	83,3	83,3	48,9	79,3	40,7
	2	9		7,2		31,6						
	3	8		8,2		27,6						
PC4	1	6	14	7,4	15,0	23,2	52,4	46,7	46,7	31,3	50,1	14,6
	2	7		6,0		24,9						
	3	1		1,6		4,3						
PC5	1	4	10	3,4	7,6	9,7	24,1	33,3	33,3	15,9	23,0	5,3
	2	2		0,3		0,0						
	3	4		4		14,4						
PC6	1	7	23	7,5	29,6	24,5	72,5	76,7	76,7	61,8	69,3	47,4
	2	9		12,9		28,6						
	3	7		9,2		19,4						
PC7	1	6	17	6,0	21,8	21,8	56,0	56,7	56,7	45,5	53,5	25,8
	2	5		9,1		21,7						
	3	6		6,7		12,5						
PC8	1	6	21	3,7	15,0	10,0	48,2	70,0	70,0	31,3	46,1	21,9
	2	6		3,1		11,7						
	3	9		8,2		26,5						

Legenda: CR: Comprimento da Radícula; CC: Comprimento do Caulículo; % CRC: Percentual de Crescimento Relativo do Caulículo; % CRR: Percentual de Crescimento Relativo da Radícula; % GRS: Percentual de Germinação Relativa de Sementes; % GS: Percentual de Germinação de Sementes; Índice de Germinação (IG).

**Fonte: Autoria própria (2023)**

Observou-se que todos os ensaios, incluindo a amostra oriunda da nascente, apresentaram resultados de germinação e desenvolvimento das plântulas inferiores aos do controle. Entre as amostras analisadas, a coletada em PC1 foi a que menos

influenciou os parâmetros avaliados, enquanto as coletadas em PC5 e PC4, ambas localizadas em áreas urbanas, foram as que exerceram maior influência negativa sobre esses parâmetros.

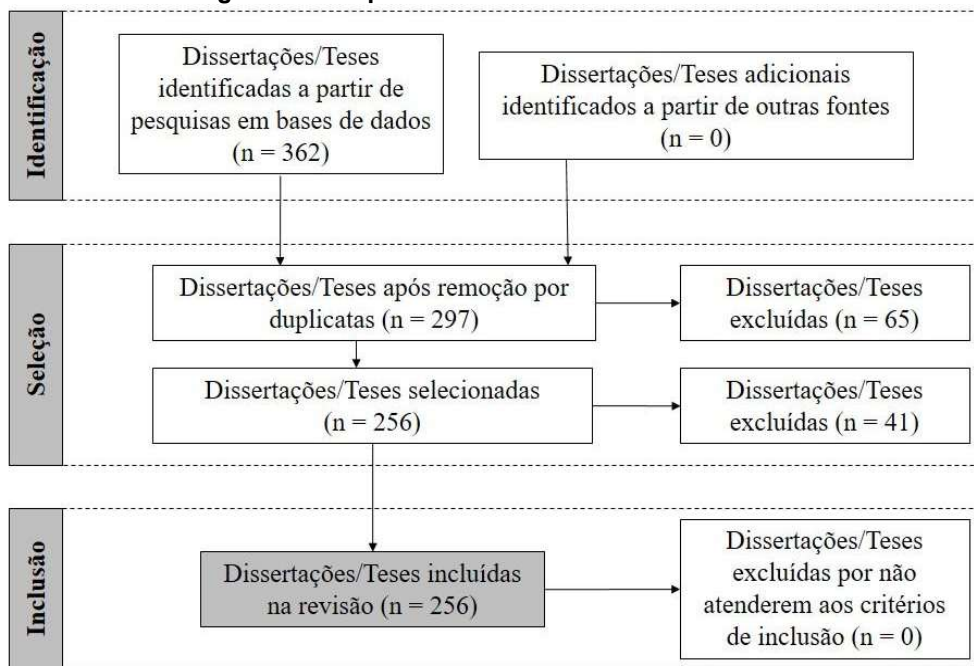
A simplicidade para realização dos bioensaios apresentados nesta seção, indica que os testes de germinação de sementes podem ser utilizados como uma metodologia valiosa no contexto educacional, especialmente no ensino de Ciências e Educação Ambiental. Esses testes permitem avaliar a fitotoxicidade de amostras de água coletadas em diferentes pontos de corpos hídricos, servindo como indicadores sensíveis da qualidade ambiental. Aqui confirmamos que, quando sementes de espécies vegetais modelo - como *Allium cepa* (cebola), *Brassica oleracea* (couve-brócolis) e *Lactuca sativa* (Alface Boston Branca) - são expostas a amostras de água contaminadas por efluentes domésticos, industriais ou agropecuários, é possível observar reduções significativas nos índices de germinação, desenvolvimento radicular e biomassa das plântulas.

Quando utilizada no contexto educacional, compreendemos que, essa abordagem prática pode possibilitar que os estudantes compreendam, de forma lúdica e científica, como ações antrópicas, como o lançamento inadequado de resíduos e o uso intensivo de agrotóxicos, podem comprometer a qualidade da água em rios e córregos. Além disso, pode contribuir para promover a reflexão crítica sobre as consequências dessas atividades para os ecossistemas aquáticos e a saúde pública. Dessa forma, acreditamos que os testes de germinação podem tornar-se instrumentos pedagógicos eficazes para integrar teoria e prática, ao mesmo tempo que podem contribuir para sensibilizar os alunos para a importância da preservação dos recursos hídricos e da adoção de práticas sustentáveis.

## **6.5 Revisão sistemática da literatura**

A Figura 23 apresenta as etapas realizadas para a constituição do corpus da revisão sistemática, que seguiu a metodologia proposta por Moher *et al.* (2014).

**Figura 23 - Etapas utilizadas na revisão sistemática**

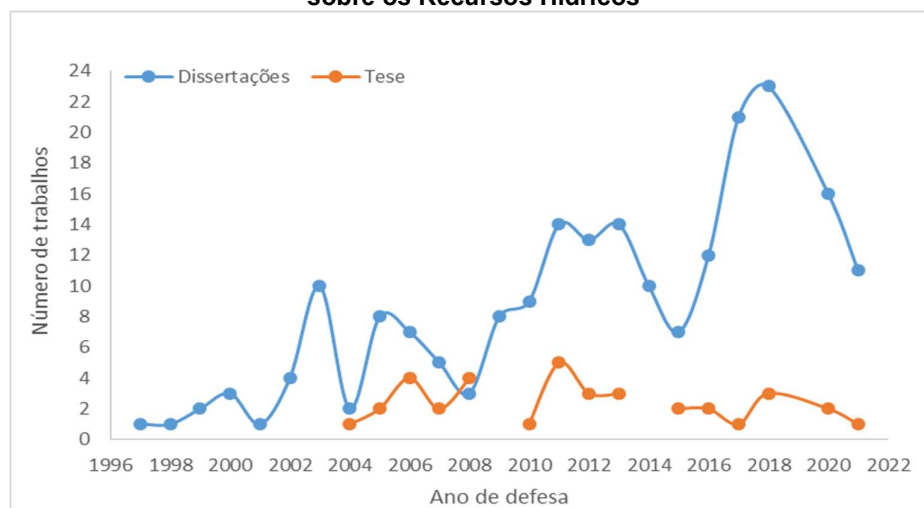


Fonte: Autoria própria (2023)

Foram selecionadas no total 256 dissertações/teses, sendo 220 dissertações de mestrado e 36 teses de doutorado. As dissertações de mestrado são oriundas majoritariamente de programas acadêmicos (159 dissertações) e minoritariamente de programas profissionais (61 dissertações).

Com relação ao ano de defesa, como resultados obtivemos dissertações e teses defendidas entre 1997 a 2021 (Figura 24).

**Figura 24 - Evolução das produções de dissertações e teses que versam acerca da Educação sobre os Recursos Hídricos**



Fonte: Autoria própria (2023)

Apesar das pesquisas nas bases de dados terem sido realizadas em agosto de 2022, nenhuma dissertação ou tese defendida nesse ano apareceu como resultado da pesquisa. Tal fato pode ser justificado pelo tempo necessário para adequação das dissertações e teses após a defesa, assim como pelo tempo necessário para depósito desses trabalhos nos repositórios institucionais.

212 trabalhos foram realizados no âmbito de universidades públicas (141 federal, 68 estadual, 2 municipal, 1 não-estatal) e 44 em universidades privadas. Tal fato reforça a importância das IES públicas para a produção e disseminação de conhecimentos e formação de recursos humanos especializados. Vale ressaltar que 14 dissertações foram desenvolvidas no âmbito do ProfÁgua, o que indica a contribuição desse jovem programa para a formação de recursos humanos em Educação sobre os Recursos Hídricos.

No que se refere a divisão regional do Brasil, o maior número de trabalhos defendidos foram realizados em IES localizadas na região sudeste ( $n = 110$ ), seguido pelas regiões sul ( $n = 60$ ), nordeste ( $n = 45$ ), centro-oeste ( $n = 28$ ) e norte ( $n = 13$ ).

As dissertações e teses da área de Educação/Ensino totalizam 62 trabalhos, sendo os predominantes os programas de Ensino e História de Ciências da Terra ( $n = 16$ ), Ensino das (de) Ciências Ambientais ( $n = 12$ ) e Educação ( $n = 11$ ).

De forma complementar, os elementos textuais (resumos) que compõem o *corpus* foram analisados via IRaMuTeQ, versão 0.7 alpha 2, seguindo as recomendações de Salviati (2017). Com apoio do software geramos gráficos de nuvem de palavras e análise de similitude, que possibilitam a exploração dos dados textuais de maneira otimizada.

O processamento do corpus resultou em: número de textos: 256; número de ocorrências: 89819; número de formas: 5860; número de hápax<sup>1</sup>: 2358 (2,63 % de ocorrências, 40,24% das formas); média de ocorrências por texto: 350.86.

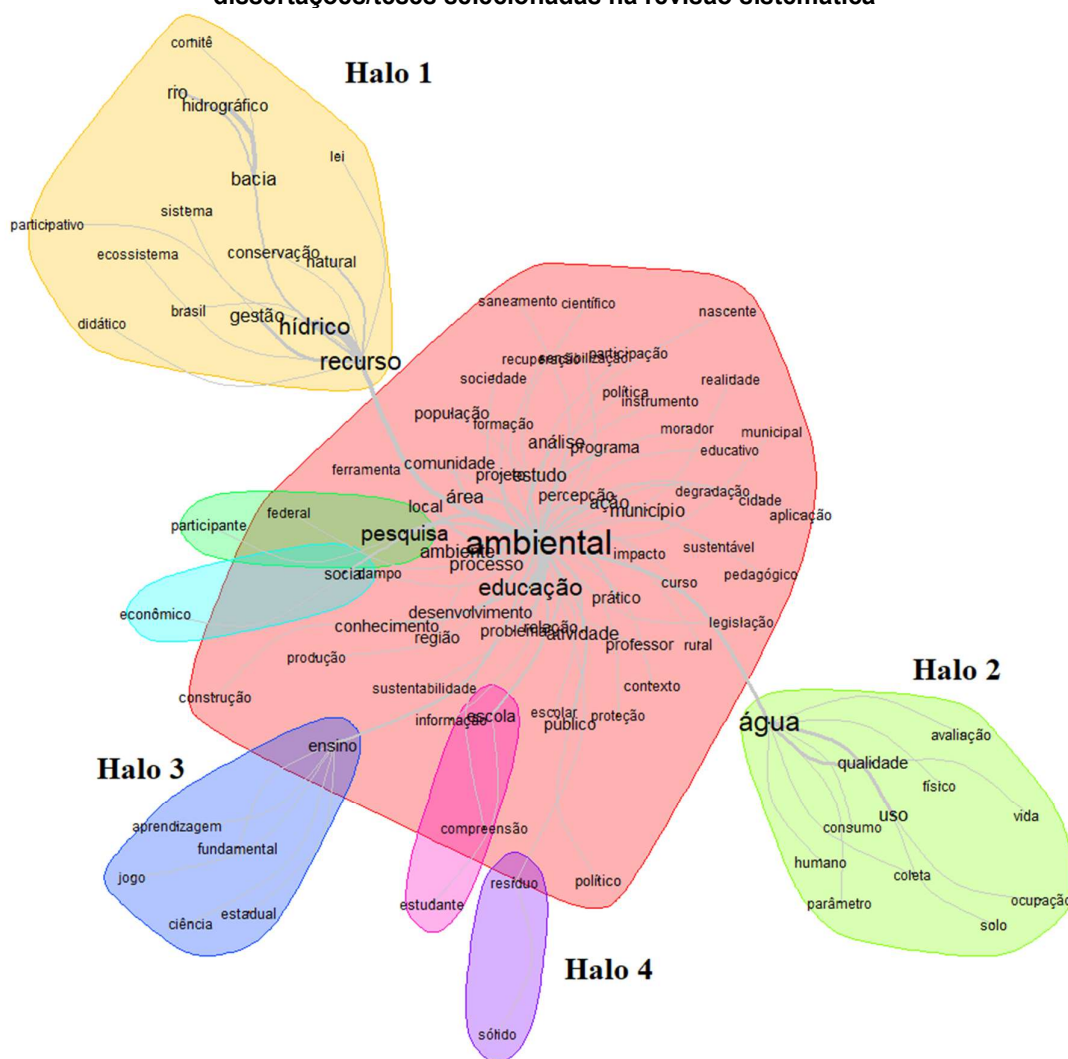
Segundo Salviati (2017), a análise de similitude mostra um grafo que representa a ligação entre palavras do *corpus* textual. A partir desta análise é possível inferir a estrutura de construção do texto e os temas de relativa importância, a partir da coocorrência entre as palavras. O gráfico de análise de similitude, com a indicação

---

<sup>1</sup> Um hápax ou hápax legómenon é uma palavra que aparece registrada somente uma vez em um dado idioma. No Iramuteq, esta expressão designa uma palavra que se utilizou ou registrou apenas uma vez em um *corpus*.

de 100 palavras que aparecem com mais frequência nos resumos das dissertações/teses, é apresentado na Figura 25.

**Figura 25 - Gráfico de análise de similitude formado a partir dos resumos das dissertações/teses selecionadas na revisão sistemática**



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A árvore de coocorrência é composta por um núcleo central - formado pelo termo ambiental ( $n = 977$ ), a partir do qual, surgem quatro halos principais. O halo 1 é formado principalmente pelos termos recurso ( $n = 530$ ) e hídrico ( $n = 468$ ), que expressam relação com os termos bacia ( $n = 267$ ), gestão ( $n = 250$ ), rio ( $n = 234$ ), hidrográfico ( $n = 161$ ), natural ( $n = 133$ ), conservação ( $n = 115$ ), sistema ( $n = 97$ ), comitê ( $n = 69$ ), Brasil ( $n = 69$ ), didático ( $n = 65$ ), lei ( $n = 62$ ), ecossistema ( $n = 54$ ), participativo ( $n = 53$ ). Os termos presentes nesse halo indicam que a principal forma

de entender/estudar os recursos hídricos é utilizando as bacias hidrográficas, em especial os rios como *lócus* de pesquisa. Esse halo expressa também que os recursos hídricos são importantes recursos naturais, que deveriam ser entendidos como ecossistemas aquáticos complexos, cuja gestão no Brasil, a partir da Lei 9.433/1997, passou a ser descentralizada e participativa.

O halo 2 é formado pelos termos água ( $n = 661$ ), uso ( $n = 251$ ), qualidade ( $n = 207$ ), vida ( $n = 96$ ), solo ( $n = 84$ ), humano ( $n = 83$ ), avaliação ( $n = 75$ ), consumo ( $n = 62$ ), ocupação ( $n = 56$ ) e parâmetro ( $n = 50$ ). Os termos presentes nesse halo indicam preocupações acerca do uso e qualidade da água, uma vez que esse recurso natural desempenha a função de manutenção da vida no planeta Terra e influencia a qualidade de vida da população. O que demanda coleta de amostras (água e solo) e avaliação de diferentes parâmetros para avaliar a qualidade da água a ser consumida.

O halo 3 é formado pelos termos ensino ( $n = 220$ ), estadual ( $n = 76$ ), jogo ( $n = 74$ ), aprendizagem ( $n = 69$ ), fundamental ( $n = 68$ ), ciência ( $n = 52$ ). Os termos presentes nesse halo indicam que as ações educativas apresentadas nas dissertações/teses foram, em sua maioria, realizadas em instituições de ensino estaduais. Para promoção da aprendizagem, diferentes jogos foram desenvolvidos e utilizados em situações de ensino.

O halo 4 é formado pelos termos resíduo ( $n = 66$ ) e sólido ( $n = 56$ ). Esse halo expressa a preocupação acerca do descarte inadequado de resíduos sólidos em margens de corpos d'água e da importância de se efetivar a Política Nacional dos Resíduos Sólidos para mitigar os variados problemas ambientais relacionados aos recursos hídricos.

O gráfico de nuvem de palavras, indicando as 100 palavras mais citadas nos resumos, é apresentado na Figura 26.



**Quadro 18 - Possibilidade de implicações para práticas educativas a partir dos resultados oriundos da análise de similitude e da nuvem de palavras**

Resultados oriundos da análise de similitude e da nuvem de palavras	Implicações para práticas educativas
A bacia hidrográfica como unidade de ensino e gestão (Halo 1)	<p><b>Abordagem territorial e contextualizada:</b> As práticas educativas podem partir da realidade local, utilizando a bacia hidrográfica como unidade de estudo. Isso permite que os estudantes compreendam a água em sua dimensão sistêmica e relacionem questões ambientais com ações humanas.</p> <p><b>Trabalho interdisciplinar:</b> A gestão participativa, prevista na Lei 9.433/1997, oferece um arcabouço legal para integrar conhecimentos de diferentes áreas (Ciências, Geografia, História, Sociologia), promovendo a educação crítica e a cidadania.</p> <p><b>Envolvimento com espaços de gestão:</b> Aproximar os estudantes de comitês de bacia hidrográfica e ações participativas pode fortalecer a percepção de que a gestão da água não é apenas uma responsabilidade técnica, mas social.</p>
Qualidade da água e saúde pública (Halo 2)	<p><b>Investigação científica no contexto escolar:</b> Práticas educativas podem envolver coleta e análise de amostras de água e solo, com o objetivo de avaliar a qualidade ambiental e promover o entendimento de conceitos como poluição, eutrofização e contaminação por metais pesados.</p> <p><b>Educação em saúde e meio ambiente:</b> A interseção entre qualidade da água e saúde pública pode ser explorada em projetos que envolvam Educação Ambiental e sanitária, com ênfase no papel da água na transmissão de doenças e na qualidade de vida.</p> <p><b>Consciência crítica sobre consumo:</b> Discutir o uso e consumo da água em contextos domésticos, agrícolas e industriais permite refletir sobre práticas sustentáveis e promover mudanças de hábitos.</p>
Jogos e metodologias ativas no ensino (Halo 3)	<p><b>Uso de jogos como ferramenta didática:</b> Os jogos podem ser utilizados para simular situações de gestão de recursos hídricos, uso do solo ou poluição de corpos hídricos, promovendo o entendimento de dilemas ambientais de forma interativa.</p> <p><b>Ensino por projetos e investigação:</b> Metodologias como o ensino por investigação e o trabalho em projetos podem ser articuladas com o uso de jogos, promovendo uma aprendizagem mais envolvente e crítica.</p> <p><b>Contextualização com a realidade escolar:</b> Dado o destaque das instituições estaduais de ensino (<math>n = 76</math>), é importante planejar recursos educativos adaptáveis a diferentes realidades e infraestruturas escolares.</p>
Resíduos sólidos e poluição hídrica (Halo 4)	<p><b>Educação ambiental sobre resíduos:</b> Projetos educativos podem abordar a cadeia de gestão de resíduos, com foco na redução, reutilização e reciclagem, bem como na conscientização sobre os impactos da poluição por plásticos e lixo urbano.</p> <p><b>Políticas públicas e cidadania:</b> Discutir a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) permite que os estudantes compreendam seus direitos e deveres em relação ao meio ambiente e à gestão urbana.</p> <p><b>Ações comunitárias:</b> Promover campanhas de limpeza de margens de rios, criação de pontos de coleta de resíduos e parcerias com ONGs locais pode integrar a escola ao território e fortalecer ações coletivas.</p>
A escola como espaço de produção de conhecimento e mudança de atitudes (Nuvem de palavras)	<p><b>Educação crítica e transformadora:</b> A escola pode atuar como agente de sensibilização e mobilização, promovendo debates sobre a crise hídrica, a desigualdade no acesso à água e os impactos ambientais em diferentes comunidades.</p> <p><b>Valorização do conhecimento local:</b> Incorporar saberes tradicionais e comunitários sobre o uso da água enriquece a educação ambiental e promove o respeito à diversidade cultural.</p>

	<b>Formação de cidadãos ambientalmente conscientes:</b> Ao promover a reflexão sobre o uso da água e a importância de sua conservação, a escola contribui para a formação de indivíduos mais conscientes e engajados com a sustentabilidade.
--	--

**Fonte: Autoria própria (2025)**

Os resultados analisados oferecem um quadro rico e diversificado de conceitos, preocupações e práticas educativas no campo da Educação para os Recursos Hídricos. A partir desses dados, é possível planejar atividades educativas contextualizadas, interdisciplinares e críticas, que: (i) Utilizem a bacia hidrográfica como unidade de ensino; (ii) Promovam a avaliação da qualidade da água e do solo; (iii) Incorporarem metodologias ativas e lúdicas; (iv) Trabalhem a gestão participativa e as políticas públicas; (v) Envolvam a comunidade e a realidade local.

Essas estratégias podem contribuir significativamente para a formação de cidadãos conscientes e comprometidos com a preservação e uso sustentável dos recursos hídricos, em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente os ODS 4, 6, 11 e 13. Parte das estratégias identificadas no Quadro 18 foram consideradas no processo de elaboração do produto educacional, que é descrito na próxima seção.

## 6.6 Produto educacional desenvolvido

A pesquisa de mestrado (tanto os resultados empíricos obtidos, quanto os achados da revisão sistemática de dissertações e teses sobre Educação para os Recursos Hídricos) contribuiu para o desenvolvimento de um material didático (propostas de atividades práticas) que visa servir de apoio para ações de Educação Socioambiental em instituições de ensino da Educação Básica, com foco para os impactos das ações antrópicas sobre o Rio do Campo, principal manancial de abastecimento de água no município de Campo Mourão/PR.

O material didático está disponibilizado no Repositório Institucional da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (RIUT), que possui acesso livre, (<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/>) e foi socializado com o Núcleo Regional de Educação de Campo Mourão e com a Secretaria Municipal de Educação de Campo Mourão, visando incentivar o uso pelos professores de Ciências e de Química que atuam em Campo Mourão.

O produto educacional desenvolvido nesta dissertação está voltado para a área da Educação, consistindo em uma reunião de cinco atividades práticas com enfoque na Educação Ambiental, elaborada para ser aplicada com estudantes da Educação Básica. Para sua construção, foram utilizados os dados e resultados obtidos ao longo da pesquisa, de modo a criar um material que contribua para a formação crítica dos alunos por meio de atividades teóricas e práticas, de baixo custo, fácil execução e compreensão. A proposta está centrada na realidade do Rio do Campo, localizado no município de Campo Mourão/PR, mas pode ser adaptada a diferentes contextos locais. A estrutura da sequência didática foi inspirada nos níveis de criticidade propostos por Smyth (1995), além de estar alinhada às competências e habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para a área de Ciências da Natureza.

No Quadro 19 são apresentadas, de forma sintética, informações sobre as atividades práticas que compõem o produto educacional.

**Quadro 19 - Informações sobre as atividades práticas que compõem o produto educacional**

Atividade prática	Objetivos	Duração	Ações sugeridas
Avaliação da qualidade da água por meio de bioensaio de	✓ Permitir que os(as) estudantes compreendam a influência das ações	2 horas/aulas (montagem do bioensaio); 2 horas/aula (para	✓ Realização de experimento de germinação de sementes

germinação de sementes	<p>antrópicas sobre a qualidade da água;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Desenvolver habilidades de observação, registro e análise de dados a partir de experimentos científicos;</li> <li>✓ Refletir sobre os impactos ambientais no Rio do Campo com base nos dados obtidos.</li> </ul>	observação, registro e análises dos dados).	<p>com diferentes amostras de água (limpa, poluída, da nascente e de pontos urbanos do Rio do Campo);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Observação dos resultados em grupo e registro dos dados em diário de bordo;</li> <li>✓ Reflexão em grupo sobre a relação entre os dados obtidos e a realidade do território.</li> </ul>
Avaliação dos impactos ambientais macroscópicos em nascentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Permitir que os(as) estudantes compreendam a influência das ações antrópicas sobre a qualidade da água de nascentes;</li> <li>✓ Desenvolver habilidades de observação e interpretação de parâmetros macroscópicos que impactam a qualidade da água de nascentes;</li> <li>✓ Refletir sobre os impactos ambientais sobre a nascente do Rio do Campo com base nos dados obtidos.</li> </ul>	2 horas/aulas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Utilizar o método Índice de Impacto Ambiental em Nascentes para avaliar a qualidade da água de uma ou mais nascentes do Rio do Campo;</li> <li>✓ Observação dos resultados em grupo e registro dos dados em diário de bordo;</li> <li>✓ Reflexão em grupo sobre a relação entre os dados obtidos e a realidade do território.</li> </ul>
Avaliação dos impactos ambientais macroscópicos em trechos do rio	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Permitir que os(as) estudantes compreendam a influência das ações antrópicas sobre a qualidade da água em diferentes trechos do Rio do Campo;</li> <li>✓ Desenvolver habilidades de observação, registro e análise de dados a partir de experimentos científicos;</li> <li>✓ Refletir sobre os impactos ambientais no Rio do Campo com base nos dados obtidos.</li> </ul>	2 horas/aulas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Utilizar o protocolo para avaliação dos impactos ambientais macroscópicos em rios;</li> <li>✓ Observação dos resultados em grupo e registro dos dados em diário de bordo;</li> <li>✓ Reflexão em grupo sobre a relação entre os dados obtidos e os impactos de ações antrópicas nas zonas rural e urbana.</li> </ul>
Produção de material educativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estimular a apropriação dos conhecimentos adquiridos ao longo da propostas de atividades práticas por meio da produção de materiais autorais;</li> <li>✓ Promover a disseminação de informações sobre a qualidade da água e os impactos das ações</li> </ul>	2 horas/aulas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Elaboração de infográficos, cartazes, panfletos ou vídeos curtos com base nos dados analisados e experimentos realizados;</li> <li>✓ Organização de uma exposição escolar ou mural temático com os materiais produzidos;</li> </ul>

	<p>antrópicas no Rio do Campo;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Incentivar a atuação dos(as) estudantes como agentes multiplicadores da educação ambiental em sua comunidade escolar e familiar.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planejamento de uma campanha de conscientização para a comunidade escolar sobre o uso responsável da água;</li> <li>✓ Preparação de apresentações orais ou dramatizações que reforcem os temas nas atividades práticas.</li> </ul>
Reflexão final e fechamento das atividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Retomar os conteúdos e vivências ao longo da propostas de atividades práticas, promovendo uma avaliação crítica do processo;</li> <li>✓ Estimular a reflexão individual e coletiva sobre os aprendizados e atitudes em relação ao meio ambiente;</li> <li>✓ Incentivar os(as) estudantes a planejarem ações concretas de preservação dos recursos hídricos no seu território.</li> </ul>	2 horas/aulas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Roda de conversa sobre as descobertas e aprendizados mais marcantes;</li> <li>✓ Avaliação formativa da propostas de atividades práticas por meio de atividades como: diário reflexivo, mapa mental, produção de carta ao rio ou cartinha ao futuro;</li> <li>✓ Sugestão de ações futuras (projetos escolares, campanhas, mutirões de limpeza, visitas técnicas etc.);</li> <li>✓ Encerramento simbólico ou exposição final aberta à comunidade escolar.</li> </ul>

Fonte: Autoria própria (2025)

Além das cinco propostas de atividade práticas, o produto educacional contém seções sobre atividades práticas na Educação Básica, aspectos contextuais do Rio do Campo e uma proposta para levantamento de conhecimento prévio dos estudantes.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo compreender os impactos das ações antrópicas sobre a qualidade da água do Rio do Campo, afluente localizado no município de Campo Mourão/PR, responsável por abastecer aproximadamente 67% da população com água tratada. Para tanto, foram realizadas análises físico-químicas, microbiológicas e bioensaios de germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas, complementadas por avaliações macroscópicas dos impactos ambientais em diferentes pontos do rio, incluindo uma de suas nascentes. Os dados obtidos a partir desses experimentos permitiram identificar variações significativas na qualidade da água ao longo do percurso fluvial, evidenciando a influência direta de atividades humanas, especialmente em áreas urbanas e sob condições de precipitação. Os resultados contribuíram para uma compreensão mais aprofundada da importância socioambiental do Rio do Campo para o município, ao mesmo tempo em que destacaram os efeitos adversos das intervenções antrópicas sobre a integridade hídrica do sistema. Assim, este estudo reforça a necessidade de ações integradas de monitoramento, Educação Ambiental e políticas públicas voltadas à preservação dos recursos hídricos locais.

A partir dos resultados obtidos e dos achados de uma revisão sistemática de dissertações e teses sobre Educação para os Recursos Hídricos, foi desenvolvido um produto educacional composto por seis atividades práticas fundamentadas em dados reais referentes ao Rio do Campo. Embora contextualizadas na realidade local, essas atividades possuem caráter adaptável, podendo ser aplicadas em outras comunidades com características socioambientais semelhantes. A proposta tem como objetivo fomentar a reflexão crítica e o desenvolvimento da responsabilidade ambiental entre estudantes da Educação Básica. O delineamento das atividades está alinhado à Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e aos níveis de criticidade propostos por Smyth (1995), o que fortalece a integração entre teoria e prática no contexto escolar. Desta forma, a pesquisa contribui para a valorização do espaço escolar como agente de transformação social e reafirma o papel da Educação Ambiental como instrumento essencial na formação de cidadãos críticos, conscientes e comprometidos com a sustentabilidade dos recursos hídricos.

Como desdobramento desta investigação, recomenda-se a expansão do monitoramento da qualidade da água ao longo de todo o ciclo hidrológico, com coletas

periódicas em diferentes estações do ano, a fim de captar variações sazonais e identificar com maior precisão os fatores que influenciam a degradação dos corpos hídricos. Além disso, sugere-se a aplicação e avaliação empírica do produto educacional desenvolvido - composto por seis atividades práticas contextualizadas com dados reais do Rio do Campo - em diferentes contextos escolares da Educação Básica. Essa implementação permitirá analisar seu potencial pedagógico no desenvolvimento de competências científicas, no fortalecimento da consciência ambiental e na promoção de uma postura crítica e engajada frente aos desafios socioambientais locais. A avaliação do impacto do produto, por meio de instrumentos qualitativos e quantitativos, poderá evidenciar necessidades de ajustes metodológicos, adequações conceituais ou ampliações temáticas, garantindo sua eficácia e sustentabilidade no ambiente escolar.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas de água e esgotos**. Versão 1.1.0. Disponível em: [https://play.google.com/store/apps/details?id=br.gov.ana.aguasesgotos&hl=pt\\_BR](https://play.google.com/store/apps/details?id=br.gov.ana.aguasesgotos&hl=pt_BR). Acesso em: 10 jan. 2023.

AMARO, H. T. R. *et al.* Tratamento de sementes com produtos à base de fertilizantes e reguladores de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 26, n. 1, p. 222-242, 2020.

BACCI, D. L. C.; PATACA, E. M. Educação para a água. **Estudos avançados**, v. 22, p. 211-226, 2008.

BALDO, M. C. **Variabilidade Pluviométrica e a dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do Rio Ivaí - PR**. Tese (Doutorado em Geografia) - UNESP, Presidente Prudente, 2006.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BOURG, A. C. M.; LOCH, J. P. G. Mobilization of heavy metals as affected by pH and redox conditions. In: SALOMONS, W.; STIGLIANI, W. M. (Org.). **Biogeodynamics of pollutants in soils and sediments: risk assessment of delayed and non-linear responses Germany**. Springer, p. 87-102, 1995.

BOVO, M. C.; CONRADO, D. O parque urbano no contexto da organização do espaço da cidade de Campo Mourão (PR), Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 34, p. 50-71, 2012.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. – Brasília: Funasa, 2013.

**BRASIL**. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 9 jan. 1997. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm). Acesso em: 18 jan. 2025.

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

Campo Mourão. **Plano Municipal de Saneamento Básico**: Campo Mourão. Campo Mourão, 2018.

CAMPOS, J. C.; NUCCI, J. C. Protocolo de avaliação rápida de rios urbanos (PARU) como ferramenta de monitoramento ambiental. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 21, p. 121-138, 2021.

CAMPOS, J. C.; NUCCI, J. C. Protocolo de avaliação rápida: uma proposta para rios urbanos. **REVISTA GEOGRAFAR**, v. 14, n. 2, p. 267-286, 2019.

CARVALHO, A. C. P. *et al.* Hydrological response of hydrographic sub-basins in the Piracicaba River Basin-Southeast Region of Brazil. **Sociedade & Natureza**, v. 34, p. e63522, 2022.

CARVALHO, C. G. S.; PORTO, R. A.; OLIVEIRA, U. R. Avaliação macroscópica de impactos ambientais em nascentes do rio de ondas no oeste da Bahia. **Geociências**, v. 39, n. 03, p. 831-845, 2020.

CARVALHO, K. Q. *et al.* Influência da área urbana na qualidade das águas na Bacia do Rio do Campo River, estado do Paraná, Brasil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, p. 96-106, 2015.

CESARO, A.; BELGIORNO, V.; GUIDA, Marco. Compost from organic solid waste: Quality assessment and European regulations for its sustainable use. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 94, p. 72-79, 2015.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Guia nacional de coleta e preservação de amostras**: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

CÓRDULA, E. B. L.; NASCIMENTO, G. C. C. Educação Socioambiental: Um caminho para uma sociedade sustentável. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, p. 18-26, 2013.

CRISPIM, J. Q. *et al.* Avaliação da qualidade da água em rios da bacia hidrográfica rio do campo, município de Campo Mourão-PR. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 2, n. 3, p. 1046-1052, 2019.

CRISPIM, J. Q.; MALYSZ, S. T. Conservação e proteção de nascentes por meio do solo cimento em pequenas propriedades agrícolas na bacia hidrográfica rio do Campo no município de Campo Mourão-PR. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 6, p. 781-790, 2012.

CRISPIM, J. Q.; MALYSZ, S. T.; CARDOSO, O.; PAGLIARINI, S. N. J. Conservação e proteção de nascentes por meio do solo cimento em pequenas propriedades agrícolas na bacia hidrográfica rio do campo no município de Campo Mourão – PR. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 4, p. 781-790, 2012.

CUNHA, D. O.; SEVERIANO JUNIOR, E. O uso do tratamento de esgoto sustentável: o estado da arte das Wetlands. **Revista de Tecnologia Aplicada**, v. 7, n. 3, p. 202-35, 2018.

CUNHA, S. N.; CARVALHO, M. E. S. Educação Ambiental e Sustentabilidade dos Recursos Hídricos no Colégio Estadual Gonçalo Rollemberg Leite. **Para Onde!?**, v. 12, n. 2, p. 124-134, 2019.

D'ELIA, R.; ARRUDA, R. O. M.; BULBOVAS, P. A Educação Ambiental e sua relevância na preservação dos recursos hídricos. **Revista Educação-UNG-Ser**, v. 15, n. 3, p. 106-114, 2020.

DANELUZ, D.; TESSARO, D. Padrão físico-químico e microbiológico da água de nascentes e poços rasos de propriedades rurais da região sudoeste do Paraná. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 82, p. 1-5, 2015.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, v. 25, p. 115-125, 2005.

FERGUSON, B. K. Environmental patterns of water management. **Journal of Environmental Systems**, v. 16, n. 3, p. 161-178, 1987.

GARCIA, J. M. *et al.* Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. **Sociedade & Natureza**, v. 30, p. 228-254, 2020.

GOMES, M. J. P. O.; FREITAS, F. A. M.; FIGUEIREDO, K. S. L. Materiais didáticos como recursos metodológico para o ensino de educação ambiental: uma revisão sistemática. **Revista Sergipana de Educação Ambiental**, v. 11, p. 1-31, 2024.

GOMES, N. A. **Análise da toxicidade do lixiviado gerado em uma célula do aterro sanitário em Campina Grande-PB**. 2017. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2017.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, v. 17, n. 32, p. 103-120, 2005.

GUIMARÃES, A. F.; DANTAS, A. M.; YOKOO, S. C. A importância dos parques urbanos na qualidade de vida da população de Campo Mourão-PR. **Revista GEOMAE**, v. 10, n. 1, p. 144-168, 2019.

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.

HIGUCHI, M. I. G.; AZEVEDO, G. C. Educação como processo na construção da cidadania ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, n. 0, p. 63-70, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas de população para 2024**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 22 out. 2024.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Quem foi Chico Mendes**. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/quem-foi-chico-mendes>. Acesso em: 17 maio 2025.

- KRAWCZYK, A. C. D. B. *et al.* Meio ambiente: alterações antrópicas no leito de rios e efluentes urbanos podem promover efeitos ecotoxicológicos na ictiofauna e de saúde pública, um estudo de caso. **Saúde e Meio Ambiente: Revista Interdisciplinar**, v. 12, p. 279-291, 2023.
- LELIS, M. F. F. *et al.* Produção de Madeira Plástica a partir do Rejeito de Mineração e Resíduo Plástico: Uma Atividade Experimental. **Revista Virtual de Química**, v. 14, n. 3, p. 372-379, 2022.
- LIN, D.; XING, B. Phytotoxicity of nanoparticles: inhibition of seed germination and root growth. **Environmental Pollution**, v. 150, n. 2, p. 243-250, 2007.
- LINTON, D. L. The assessment of scenery as a natural resource. **Scottish Geographical Magazine**, v. 84, n. 3, p. 219-238, 1968.
- LUO, Y. *et al.* Seed germination test for toxicity evaluation of compost: Its roles, problems and prospects. **Waste Management**, v. 71, p. 109-114, 2018.
- MACEDO, M. Bacia Hidrográfica. **Educa+Brasil**, 10 de nov. de 2019. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/geografia/bacia-hidrografica>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- MANARI, F. A. **Diagnóstico ambiental multidimensional do Rio do Campo no município de Campo Mourão-PR**. 2023. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2023.
- MARASCHIN-SILVA, F.; AQÜILA, M. E. A. Potencial alelopático de espécies nativas na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, p. 61-69, 2006.
- MARCONDES, D. L. Z. *et al.* Simulando a toxicidade de pilhas e baterias por meio de um bioensaio simples e de baixo custo. **Educação Química em Punto de Vista**, v. 3, n. 1, p. 1-13, 2019.
- MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, V. A. Parâmetros indicativos para qualidade da água em nascentes com diferentes coberturas de terra e conservação da vegetação ciliar. **Floresta e Ambiente**, v. 22, p. 171-181, 2015.
- MELLO, R. *et al.* Educação para os recursos hídricos e a degradação do rio Botas. **Revista Augustus**, v. 23, n. 45, p. 104-116, 2018.
- MENDES, J. G. *et al.* Educação para os recursos hídricos. **Ambientalmente Sustentável**, v. 25, n. 2, p. 57-74, 2018.
- MENEZES, J. P. C. Inserção do tema educação em recursos hídricos por meio de jornais impressos. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 10, n. 6, p. 203-214, 2019.

MESQUITA, F. *et al.* Análise físico-química e microbiológica da água: estudo de caso no balneário Igarapé Preto, Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, p. 2676-2684, 2014.

MEZZOMO, M. M. *et al.* Diagnóstico geoambiental em nascentes: a importância do uso, manejo e conservação. **Perspectiva Geográfica**, v. 10, n. 12, p. 1-20, 2015.

MIGUEL, S. E.; CENTENARO, L. M. Desafios da educação socioambiental na gestão educacional. **Caderno Marista de Educação**, v. 10, n. 2, e40267, 2018.

MOHER, D. *et al.* Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **Revista Espanola de Nutricion Humana y Dietetica**, v. 18, n. 3, p. 172-181, 2014.

MUSIE, W.; GONFA, G. Fresh water resource, scarcity, water salinity challenges and possible remedies: A review. **Heliyon**, v. 9, n. 8, e18685, 2023.

**OBSERVATÓRIO DAS ÁGUAS.** Comitês de Bacias Hidrográficas do Estado do Paraná, crises hídricas e empreendimentos hidrelétricos. *Observatório das Águas*, 2022. Disponível em: <https://observatoriodasaguas.org.br/comites-de-bacias-hidrograficas-do-estado-do-parana-crises-hidricas-e-empreendimentos-hidreletricos/>. Acesso em: 18 jan. 2025.

OLIVEIRA, M. K. T. *et al.* Anthropogenic action in soil erosion in hydrographic basins in the Brazilian semiarid. **Holos**, v. 39, n. 8, e16838, 2023.

**PARANÁ.** Com novo comitê, Paraná atinge 100% de cobertura das regiões hídricas do Estado. *Secretaria do Desenvolvimento Sustentável do Paraná*, 18 jan. 2024. Disponível em: <https://www.sedest.pr.gov.br/Noticia/Com-novo-comite-Parana-atinge-100-de-cobertura-das-regioes-hidricas-do-Estado#:~:text=s%20outros%2011%20comit%C3%AAs%20com,Bacias%20do%20Rio%20Cinzas%2C%20Itar%C3%A9%2C>. Acesso em: 18 jan. 2025.

**PARANÁ.** Lei Estadual nº 12.726, de 26 de novembro de 1999. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Paraná*, Curitiba, 26 nov. 1999. Disponível em: <https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/pesquisarAto.do?action=exibir&codAto=5849>. Acesso em: 18 jan. 2025.

PARK, C. C. Man, river systems and environmental impacts. **Progress in Physical Geography**, v. 5, n. 1, p. 1-31, 1981.

PAZ, A. R. **Hidrologia Aplicada.** Caxias do Sul, set. de 2024. Disponível em: [https://engenhariacivilfsp.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/03/aula-1\\_apostila\\_hidrologia\\_aplicada\\_uergs.pdf](https://engenhariacivilfsp.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/03/aula-1_apostila_hidrologia_aplicada_uergs.pdf). Acesso em: 01 jun. 2025.

PEREIRA JÚNIOR, A. *et al.* A Gestão e Educação Ambiental aplicada aos recursos hídricos. **Nature and Conservation**, v. 15, n. 1, p. 78-96, 2022.

PEREIRA, B. B.; RODRIGUES, F. F. S.; SANTOS, S. P. Educação ambiental e educação para saúde relacionadas em uma atividade experimental investigativa. **Revista da SBEnBio**, n. 03, p. 3473-2480, 2010.

PEREIRA-SILVA, E. F. L. *et al.* Avaliação da qualidade da água em microbacias hidrográficas de uma Unidade de Conservação do Nordeste do estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 9, n. 3, p. 371-371, 2011.

PESSOA, J. O.; ORRICO, S. R. M.; LORDÉLO, M. S. Qualidade da água de rios em cidades do Estado da Bahia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, p. 687-696, 2018.

RAMOS, A. L. D. *et al.* Avaliação visual de rios urbanos: metodologia e aplicação. **Acta Geográfica**, v. 11, n. 25, p. 159-184, 2017.

SALVIATI, M. E. **Manual do aplicativo Iramuteq**. Planaltina, março de 2017. Disponível em: <http://www.iramuteq.org/documentation/fichiers/manual-do-aplicativo-iramuteq-par-maria-elisabeth-salviati>. Acesso em:

SANEPAR. **Atlas destaca PR com o 2º melhor índice de esgoto do país**. 30 de setembro de 2020. Disponível em <https://site.sanepar.com.br/noticias/atlas-destaca-pr-com-o-2o-melhor-indice-de-esgoto-do-pais>. Acesso em 11 de jan. de 2022.

SATO, M. **Educação Ambiental**. São Carlos: RiMa, 2002.

SILVA, A. G.; SOUZA, L. D. Efeitos antrópicos e sazonais na qualidade da água do rio do Carmo. **Holos**, v. 5, p. 122-136, 2013.

SILVA, E. H. Educação Ambiental em recursos hídricos: práticas docentes dos professores da EEEM e tempo integral Prof. Manoel Leite Carneiro (Belém-Pará). **Revista GeoAmazônia**, v. 6, n. 12, p. 165-180, 2018.

SILVA, G. S.; EGIDIO, J. A. F.; COLETE, C. C. F. A. Educação e Meio Ambiente: um estudo bibliográfico sobre recursos didáticos. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 17, n. 5, p. 54-64, 2022.

SILVA, L. B.; MEZZOMO, M. D. M.; GONÇALVES, M. S. Diagnóstico Geoambiental em Nascentes: estudo de caso em Campo Mourão-Paraná. **ACTA Geográfica**, v.13, n. 31, p. 52-65, 2019.

SILVA, V. B.; GASPARETTO, N. V. L. Qualidade da água na sub-bacia do rio do Campo - Campo Mourão-PR. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 09, n.02, p. 585-600, 2016.

SMYTH, J. C. Environmental Education: A view of a changing scene. **Environmental Education Research**, v. 1, n. 1, p. 3-120, 1995.

SOARES, R. Bacia Platina - Localização, características, principais rios e hidrelétricas. **Escola Educação**, Goiânia, 30 de ago. de 2019. Disponível em: <https://escolaeducacao.com.br/bacia-platina/>. Acesso em: 18 jan. 2025.

SOARES, V. M. *et al.* Aquatox: uma proposta de educação ambiental na escola. **Educação Ambiental em Ação**, v. 58, idartigo=2556, 2016.

SORRISO. **Mato Grosso segue como maior produtor de grãos do país**. Sorriso, 12 de agosto de 2019. Disponível em: <https://site.sorriso.mt.gov.br/noticia/mato-grosso-segue-como-maior-produtor-de-graos-do-pais-5d5162331bfd>. Acesso em: 01 jun. 2025.

SOUSA, F. A.; MOURA, D. M. B. Evapotranspiração potencial (ETp) e sua influência na vazão de rios do Cerrado Brasileiro. **Elisée, Rev. Geo. UEG - Goiás**, v. 11, n. 1, e111222, 2022.

SOUZA, D. D.; CARVALHO, K. M. Cogovernança e segurança hídrica: em busca de um modelo para o Baixo São Francisco. **Peer Review**, v. 5, n. 7, p. 254-271, 2023.

SUDERHSA. **Bacias hidrográficas do Paraná**. 2007. Disponível em: [https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-07/bacias\\_hidrograficas\\_a4.pdf](https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/bacias_hidrograficas_a4.pdf). Acesso em: 24 mai. 2022.

TAQUES, R. C. V. *et al.* Diagnóstico socioambiental como subsídio para Educação Ambiental em uma bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 10, n. 1, p. 49-65, 2022.

TRATA BRASIL. Brasil apresenta sucinta evolução nos indicadores de saneamento segundo diagnóstico do SNIS 2021. **Trata Brasil**, São Paulo, 10 de jan. de 2023. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/brasil-apresenta-sucinta-evolucao-nos-indicadores-de-saneamento-segundo-diagnostico-do-snis-2021/>. Acesso em: 22 out. 2024.

TRIBUNA DO INTERIOR. Município inicia obras de recuperação do Parque do Lago. **Tribuna do Interior**, Campo Mourão, 12 de set. de 2024. Disponível em: <https://www.tribunadointerior.com.br/campo-mourao/municipio-inicia-obras-de-recuperacao-do-parque-do-lago/>. Acesso em: 20 jan. 2025.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Ecological Effects Test Guidelines (OPPTS 850.4200)**: Seed Germination/Root Elongation Toxicity Test. Disponível em: [http://www.epa.gov/opptsfrs/publications/OPPTS\\_Harmonized/850\\_Ecological\\_Effects\\_Test\\_Guidelines/Drafts/850-4200.pdf](http://www.epa.gov/opptsfrs/publications/OPPTS_Harmonized/850_Ecological_Effects_Test_Guidelines/Drafts/850-4200.pdf). Acesso em: 20 jan. 2025.

VILLWOCK, F. H.; CRISPIM, J. Q. Avaliação de traços de metais pesados em rios da bacia hidrográfica do Rio do Campo, município de Campo Mourão, Paraná. **Revista Geomae - Geografia Meio Ambiente e Ensino**, v. 10, n. 1, p. 93-102, 2019.