

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

AVALIAÇÃO DO GRAU DE PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIO LOPEI ATRAVÉS DA ANÁLISE MACROSCÓPICA E DE QUALIDADE DA ÁGUA

Ingrid Daniela Pacheco Batista¹; Caroline Kozak²; Gustavo Barbosa Athayde³ & Cristovão Vicente Scapulatempo Fernandes⁴

Abstract: This study aimed to evaluate the degree of water resource preservation in the Lopei River Basin, located in Toledo (Paraná), Brazil, through macroscopic analysis and the monitoring of physicochemical variables. Three sampling points were analyzed: the spring (LOP01), the outlet (LOP02), and a well (LOP03). The macroscopic analysis followed a protocol adapted from Gomes, Melo, and Vale (2005). Physicochemical monitoring included the parameters pH, temperature, electrical conductivity, apparent color, turbidity, and total dissolved solids, assessed during two sampling campaigns (October 2023 and January 2024). The results showed variations between the sampling points and periods, with the spring (LOP01) standing out, classified as "Good" (Class B), indicating lower environmental impact. The well (LOP03) was classified as "Fair" (Class C), while the outlet (LOP02), subject to greater anthropogenic influence, was classified as "Poor" (Class D). The physicochemical analyses corroborated the macroscopic observations, highlighting the influence of land use and occupation on water quality. The approach proved effective as a preliminary diagnostic tool and as support for watershed management, in addition to showing potential for environmental education and community engagement activities.

Resumo: Este estudo teve como objetivo avaliar o grau de preservação dos recursos hídricos na Bacia do Rio Lopei, situada em Toledo (PR), Brasil, por meio da análise macroscópica e do monitoramento de variáveis físico-químicas. Foram analisados três pontos de amostragem: nascente (LOP01), exutório (LOP02) e poço (LOP03). A análise macroscópica baseou-se conforme protocolo adaptado de Gomes, Melo e Vale (2005). O monitoramento físico-químico incluiu os parâmetros pH, temperatura, condutividade elétrica, cor aparente, turbidez e sólidos totais dissolvidos, avaliados em duas campanhas amostral (outubro/2023 e janeiro/2024). Os resultados apresentaram variações entre os pontos e os períodos, com destaque para a nascente (LOP01), classificada como "Boa" (Classe B), indicando menor impacto ambiental. O poço (LOP03) foi enquadrado como "Razoável" (Classe C), enquanto o exutório (LOP02), sujeito a maior influência antrópica, foi classificado como "Ruim" (Classe D). As análises físico-químicas corroboraram as observações macroscópicas, evidenciando a influência do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água. A abordagem utilizada mostrou-se eficaz como ferramenta de diagnóstico preliminar e apoio à gestão de bacias hidrográficas, além de apresentar potencial em ações de educação ambiental e participação comunitária.

Palavras-Chave –Bacia agrícola; Monitoramento ambiental; Recursos hídricos; Bacias hidrográficas

1) Universidade Federal do Paraná – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental – ingridpacheco009@gmail.com
2) Universidade Federal do Paraná – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental – carolkozak05@gmail.com / carolinekozak@ufpr.br

3) Universidade Federal do Paraná – Departamento de Geologia – Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas/LPH – gustavo.athayde@ufpr.br

4) Universidade Federal do Paraná – Departamento de Hidráulica e Saneamento – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental – cris.dhs@ufpr.br

INTRODUÇÃO

A preservação dos recursos hídricos constitui um dos principais desafios da gestão ambiental, especialmente em bacias hidrográficas com uso intensivo do solo para atividades agropecuárias. A crescente degradação das áreas de recarga, margens e nascentes compromete a quantidade e a qualidade da água disponível, afetando o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos e a sustentabilidade dos usos múltiplos da água. Nesse cenário, o monitoramento ambiental auxilia no diagnóstico e prevenção de impactos antrópicos, sendo necessário desenvolver e aplicar metodologias acessíveis, confiáveis e compatíveis com diferentes contextos territoriais.

Além de técnicas quantitativas tradicionais de avaliação da qualidade da água, baseadas em parâmetros físico-químicos e microbiológicos, abordagens qualitativas têm sido incorporadas como ferramentas auxiliares no diagnóstico ambiental. A análise macroscópica é uma dessas ferramentas, pois apresenta uma representação qualitativa utilizada para avaliar as condições ambientais de corpos hídricos e suas áreas adjacentes, por meio da observação de características físicas, sensoriais e antrópicas in loco. Baseada em critérios como cor, odor e presença de resíduos, vegetação, usos do entorno e proteção da área, a análise macroscópica vem sendo empregada em estudos técnicos de diagnóstico ambiental, planos de manejo de nascentes, ações de educação ambiental e em avaliações participativas, dada sua simplicidade e caráter demonstrativo (Gomes; Melo; Vale, 2005). Embora não substitua análises laboratoriais ou métodos quantitativos, fornece subsídios importantes para a identificação preliminar de áreas críticas e priorização de intervenções conservacionistas.

Este estudo tem como objetivo aplicar a metodologia de análise macroscópica em três pontos da Bacia do Rio Lopei, localizada no município de Toledo (PR), Brasil, visando avaliar o grau de preservação ambiental de uma nascente, um poço e o ponto de exutório da bacia. A área de estudo, com predomínio de uso agrícola, é representativa de bacias rurais brasileiras que enfrentam pressões crescentes sobre os recursos hídricos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo é reconhecida como Bacia do Rio Lopei, com uma área de aproximadamente 94 km², está localizada em Toledo, na região oeste do Estado do Paraná, Brasil. Sua área de contribuição está compreendida entre as latitudes entre 24.75°S e 24.85°S, e longitudes entre 53.55° e 53.70°W, sendo um afluente da Bacia Hidrográfica do Paraná 3. A cobertura do solo da bacia é predominantemente agrícola, com destaque para a produção de soja que ocupa cerca de 71 km² da bacia. Do ponto de vista geológico, a Bacia do Rio Lopei encontra-se inserida no interior da Bacia Sedimentar do Paraná, onde o substrato é constituído predominantemente por rochas basálticas da Formação Serra Geral (SASG).

No total, foram selecionados três pontos de monitoramento distribuídos na bacia, apresentados na Figura 1, os quais incluem uma nascente (LOP01), o ponto de exutório (LOP02) e um poço (LOP03). Os dados de precipitação utilizados foram obtidos via Sistema de Informações Hidrológicas (SIH), em cooperação entre a Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos e o Instituto das Águas do Paraná. As informações referem-se à estação pluviométrica Bom Princípio (código 2453027), localizada no município de Toledo/PR, na Bacia Paraná 3, sub-bacia 1, com altitude de 617,6 m e coordenadas 24°46'22" S e 53°38'34" W. Essa estação, por ser a mais próxima da Bacia do Rio Lopei com série diária completa e atualizada, foi adotada como referência para os anos de 2023 e 2024.

Figura 1 - Pontos de monitoramento.



LOP 01 – Nascente

LOP 02 – Exutório

LOP 03 - Poço

FONTE: Os autores (2025).

Monitoramento das variáveis físico-químicas da água

As variáveis físico-químicas analisadas estão descritas no Quadro 1. Os métodos analíticos utilizados para a caracterização e o monitoramento da qualidade da água foram realizados com base nos protocolos estabelecidos pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SMWW) (APHA, 2017).

Quadro 1 - Variáveis físico-químicas de qualidade da água avaliadas.

VARIÁVEIS	UNIDADE	MÉTODO
pH	N/A	SMWW 4500-H+ B (APHA, 2017)
Condutividade Elétrica	$\mu\text{s}/\text{cm}$	SMWW 2510 B (APHA, 2017)
Cor Aparente	uH	SMWW 2120 C (APHA, 2017)
Turbidez	NTU	SMWW 2130 B (APHA, 2017)
Sólidos Totais Dissolvidos	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	SMWW 2540 C (APHA, 2017)

FONTE: Os autores (2025).

Para fins comparativos, foram adotados como referência os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), Resolução CONAMA nº 396/2008 (BRASIL, 2008), aplicável às águas subterrâneas, e Portaria GM/MS nº 888/2021 (BRASIL, 2021), que estabelece valores de referências para águas destinadas ao consumo humano (como é o caso do Poço – LOP03).

Análise macroscópica

A análise macroscópica constitui uma avaliação qualitativa baseada na observação criteriosa e sistemática do entorno dos pontos de monitoramento, fundamentada em treze critérios propostos por Gomes, Melo e Vale (2005). Para cada critério, são atribuídas pontuações específicas, conforme o grau de preservação ambiental identificado *in situ*, permitindo, ao final, uma estimativa do nível de impacto ambiental presente na área avaliada. O Quadro 2 apresenta os critérios adotados e as respectivas escalas de pontuação utilizadas na análise.

Quadro 2 - Critérios e pontuações usadas na análise macroscópica.

CRITÉRIOS	PONTUAÇÕES		
Cor da água	(1) Escura	(2) Clara	(3) Transparente
Odor	(1) Cheiro forte	(2) Cheiro fraco	(3) Sem cheiro
Resíduos ao redor	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Sem resíduo
Materiais flutuantes	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Ausente
Espumas	(1) Muita	(2) Pouca	(3) Ausente
Óleos	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Ausente
Esgoto	(1) Doméstico	(2) Fluxo superficial	(3) Ausente
Vegetação	(1) Alta degradação	(2) Baixa degradação	(3) Preservada
Uso por animais	(1) Presença	(2) Apenas marcas	(3) Não detectado
Uso por humanos	(1) Presença	(2) Apenas marcas	(3) Não detectado
Proteção do local	(1) Sem	(2) Proteção (Com Acesso)	(3) Proteção (Sem Acesso)
Proximidade de residências	(1) Menos de 50m	(2) Entre 50 a 100m	(3) Mais de 100m
Tipo área de inserção	(1) Ausente	(2) Propriedades Privada	(3) Parques ou Áreas protegidas

FONTE: Adaptado de Gomes, Melo e Vale (2005).

Após a aplicação da metodologia e a correspondente atribuição de pontuações a cada um dos treze critérios de avaliação, procede-se ao cálculo do somatório final dos valores obtidos. Esse valor consolidado é, então, enquadrado em uma das cinco classes de preservação ambiental, conforme delineado no Quadro 3, permitindo a classificação do grau de preservação do ponto monitorado. De modo geral, pontuações mais elevadas indicam melhores condições de preservação da área avaliada.

Quadro 3 - Classificação quanto ao grau de preservação dos poços de coleta.

CLASSE	GRAU DE PRESERVAÇÃO	PONTUAÇÃO FINAL
A	Ótima	37-39 pontos
B	Boa	34-36 pontos
C	Razoável	31-33 pontos
D	Ruim	28-30 pontos
E	Péssimo	< 28 pontos

FONTE: Adaptado de Gomes, Melo e Vale (2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Monitoramento das variáveis físico-químicas da água

Os resultados do monitoramento das variáveis físico-químicas da água estão apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 - Resultados das variáveis físico-químicas de qualidade da água.

Variáveis	Unidade	LOP01 (Nascente)		LOP02 (Exutório)		LOP03 (Poço)	
		out/23	jan/24	out/23	jan/24	out/23	jan/24
Precipitação (mm)		78,5	28,2	78,5	28,2	78,5	28,2
pH		6,33	6,11	7,61	7,52	6,19	4,97
Temperatura	°C	21,39	22,56	21,87	22,28	21,01	22,93
CE ¹	µS/cm	28,29	9,09	36,23	89,44	7,84	8,83
Cor aparente	uH	131,0	86,0	43,0	25,0	<LOQ	<LOQ
Turbidez	NTU	17,8	28,0	16,0	2,90	<LOQ	<LOQ
STD ²	mg.L ⁻¹	45,0	3,0	30,0	46,0	6,0	5,0

FONTE: Os autores (2025). Nota: ¹ Condutividade elétrica; ² Sólidos Totais Dissolvidos.

Entre outubro de 2023 e janeiro de 2024, o pH apresentou redução nos pontos da nascente (LOP01) e do poço (LOP03), possivelmente em decorrência da maior presença de ácidos orgânicos oriundos da vegetação e da decomposição de matéria orgânica interna no solo. No exutório (LOP02), os valores permaneceram estáveis, indicando maior capacidade de tamponamento, provavelmente devido à mistura de diferentes contribuições ao longo da bacia. Considerando-se o enquadramento adotado neste estudo, a nascente foi analisada sob os critérios da Classe 1, por apresentar maior grau de preservação e por se tratar de uma área de recarga, enquanto o exutório foi considerado como Classe 2, por sua localização a jusante e exposição a múltiplos usos. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, o intervalo permitido para águas de Classe 1 e 2 é de 6,0 a 9,0, sendo atendido pela nascente e pelo exutório. Já no caso do poço, a Resolução CONAMA nº 396/2008 (BRASIL, 2008), que regulamenta as diretrizes e o enquadramento das águas subterrâneas, não especifica valores para o pH. No entanto, considerando que se trata de um poço destinado ao consumo humano, aplica-se a Portaria GM/MS nº 888/2021, que recomenda um intervalo de pH entre 6,0 e 9,5 (BRASIL, 2021). No mês de janeiro/2024 o poço apresentou valores de pH em torno de 4,97, indicando acidez, contudo, esse valor é passível e correção, através da alcalinizantes, como hidróxido de sódio (NaOH), hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) ou carbonato de sódio (Na₂CO₃).

A temperatura da água apresentou ligeira elevação nos três pontos, com maior variação no poço (LOP03). Embora não existam limites estabelecidos para esse parâmetro nas normativas CONAMA nº 357/2005, nº 396/2008 e Portaria GM/MS nº 888/2021, a temperatura pode influenciar a solubilidade de compostos e o metabolismo microbiano, sendo, portanto, um indicador ambiental relevante.

A condutividade elétrica (CE) apresentou comportamento oposto entre os pontos. Na nascente, os valores diminuíram, sugerindo menor mobilização de sais dissolvidos no período de menor precipitação. No poço, houve leve aumento, compatível com maior tempo de residência da água subterrânea. No exutório, observou-se elevação acentuada da CE, provavelmente associada ao aporte superficial de íons oriundos das áreas agrícolas ao entorno. Embora as resoluções CONAMA nº 357/2005 e CONAMA nº 396/2008 não estipulem limites para CE, o parâmetro é indicativo da

carga iônica total, sendo valores elevados potencialmente relacionados à contaminação por efluentes (LIBÂNIO, 2010).

A cor aparente manteve-se elevada na nascente, reduziu no exutório e permaneceu abaixo do limite de quantificação (<LOQ) do método utilizado no poço. A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece que, para águas de Classe 1 e 2, não devem estar presentes corantes de origem antrópica não removíveis por tratamento convencional, o que não foi evidenciado nos dados. A turbidez apresentou aumento na nascente (de 17,8 para 28,0 NTU) e redução no exutório (de 16,0 para 2,9 NTU), compatível com processos de transporte de partículas e decantação ao longo do curso d'água. No poço, os valores permaneceram abaixo do limite de quantificação (<LOQ) do método utilizado. Ambos os pontos superficiais atenderam aos limites estabelecidos pela CONAMA nº 357/2005: até 40 NTU para Classe 1 e até 100 NTU para Classe 2.

Os sólidos totais dissolvidos (STD) diminuíram na nascente e aumentaram no exutório, refletindo, respectivamente, menor carreamento superficial e maior concentração de sais em período de menor precipitação. O poço apresentou as menores concentrações e pouca variação, reforçando a estabilidade típica de águas subterrâneas. Todos os pontos analisados estão em conformidade com os limites estabelecidos: até 500 mg/L para águas superficiais de Classe 1 e 2 (CONAMA nº 357/2005) e até 1.000 mg/L para águas subterrâneas (CONAMA nº 396/2008).

Análise macroscópica

Os resultados da análise macroscópica estão apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 – Pontuação quanto à análise macroscópica realizada em cada ponto amostral.

Critérios	LOP01 (Nascente)	LOP02 (Exutório)	LOP03 (Poço)
Cor da água	3	1	3
Odor	3	3	3
Resíduos ao redor	3	3	3
Materiais flutuantes	3	3	3
Espumas	3	2	3
Óleos	3	3	3
Esgoto	3	3	3
Vegetação	3	2	1
Uso por animais	1	2	3
Uso por humanos	3	2	1
Proteção do local	1	2	2
Proximidade de residências	3	1	1
Tipo de área de inserção	2	3	2
Pontuação final	34	30	31
Classe	B	D	C
Grau de preservação	Boa	Ruim	Razoável

FONTE: Os autores (2025).

A aplicação do protocolo da análise macroscópica permitiu avaliar comparativamente o grau de preservação ambiental nos três pontos monitorados. Os resultados indicam que o ponto de nascente (LOP01) apresentou a melhor classificação geral, sendo enquadrado na categoria “Boa” (Classe B), com 34 pontos. Em seguida, o ponto do poço (LOP03) foi classificado como “Razoável” (Classe C), com 31 pontos, e o ponto do exutório (LOP02) obteve a menor pontuação, sendo enquadrado na classe “Ruim” (Classe D), com 30 pontos.

Observou-se que os critérios relacionados à presença de odor, resíduos sólidos ao redor, materiais flutuantes, óleo e esgoto receberam a pontuação máxima (nota 3) em todos os pontos avaliados, indicando a ausência desses elementos e, consequentemente, baixo nível de poluição visível nessas categorias. Esses resultados indicam que não houve indícios de lançamentos diretos de efluentes líquidos ou sólidos perceptíveis no momento da inspeção.

O ponto da nascente (LOP01) destacou-se positivamente por sua vegetação marginal preservada, ausência de sinais de uso humano direto, e distância superior a 100 metros de residências, fatores que contribuíram para sua maior pontuação. No entanto, foram registrados aspectos que comprometem parcialmente sua conservação, como a ausência de cercamento ou qualquer estrutura física de proteção da nascente e a presença de animais de criação com livre acesso ao local. Esses fatores podem resultar em processos de pisoteio e consequente assoreamento. A localização da nascente dentro de uma propriedade rural privada pode explicar a presença desses elementos e a ausência de ações de proteção formal. Recomenda-se, portanto, a implementação de medidas de controle, como o cercamento da área, que pode não apenas evitar o acesso de animais, mas também favorecer processos de regeneração natural da vegetação ripária.

O ponto do poço (LOP03), por sua vez, apresentou características associadas a maior grau de interferência antrópica, situando-se em uma área com infraestrutura visível para captação de água subterrânea. A classificação “Razoável” (Classe C), obtida a partir de 31 pontos, reflete esse contexto. Apesar da boa pontuação em critérios como ausência de esgoto, óleo, resíduos e materiais flutuantes, observou-se uma vegetação degradada, presença de residências próximas (a menos de 50 metros) e ausência de áreas de vegetação de transição. A infraestrutura de bombeamento existente no local confere-lhe um caráter mais urbanizado, que, embora essencial para o abastecimento, compromete parcialmente a integridade ecológica do entorno. Ainda que o local esteja situado em propriedade privada e possua certo grau de controle de acesso, sua localização próxima a residências implica riscos de contaminação por fontes difusas, como resíduos domésticos.

O ponto do exutório (LOP02) apresentou a menor pontuação entre os locais avaliados (30 pontos), sendo enquadrado na classe “Ruim” (Classe D). Apesar disso, alguns critérios relacionados à qualidade da água demonstraram desempenho satisfatório, e a vegetação, embora com indícios de degradação, ainda se encontra em condições razoáveis. Observou-se, no entanto, uma coloração mais escura da água e discreta presença de espumas, aspectos que podem estar associados à entrada difusa de matéria orgânica e compostos surfactantes, possivelmente decorrentes de escoamento superficial com resíduos de origem doméstica ou agrícola. A atividade agrícola predominante na bacia pode contribuir pontualmente com sedimentos, nutrientes e agroquímicos, os quais influenciam a qualidade da água de forma indireta. Embora situada em área legalmente protegida, o ambiente apresenta indícios esporádicos de circulação de pessoas e animais, sugerindo um uso informal do espaço que pode exercer pressões adicionais sobre o ambiente, ainda que em baixa intensidade.

É importante destacar que os pontos LOP01 (nascente) e LOP03 (poço) encontram-se no limite inferior das suas respectivas classes de preservação, o que sugere um estado de equilíbrio instável. Qualquer alteração no uso e ocupação do solo, como intensificação de atividades agropecuárias, expansão urbana ou ausência de manejo adequado, pode acarretar perda de qualidade ambiental e rebaixamento da classificação. Por outro lado, o ponto LOP02 (exutório), embora classificado como “Ruim”, encontra-se no limite superior de sua categoria. Isso indica que ações

simples, como o controle de acesso, redução de fontes difusas e estímulo à regeneração da vegetação nativa, poderiam elevar sua classificação e melhorar as condições ambientais locais. Ressalta-se, entretanto, que por se tratar de um ponto de confluência de águas provenientes de toda a bacia, é esperado que apresente maior suscetibilidade a impactos, devido a acumulação de pressões antrópicas e naturais ao longo do curso d'água.

Nos estudos conduzidos por Rocha et al. (2017), a análise macroscópica foi usada na identificação de impactos ambientais em sete nascentes na cidade de Claudio/MG. Averiguou-se que nenhuma nascente foi classificada como Classe A (Ótima), apenas uma como Classe B (Boa) e sendo que duas delas apresentaram Classe E (Péssima). Os autores destacam que nas nascentes com a pior classificação a vegetação encontrava-se degradada/ausente ou alterada, assim como não apresentavam proteção do local e, ainda, estavam a menos de 100 metros de residências ou estabelecimentos comerciais. De forma similar, Galvan et al. (2020) aplicaram a análise macroscópica em nove nascentes localizadas na zona rural do município de Cunha Porã (SC). Os resultados apresentaram elevado grau de impacto ambiental em grande parte dos pontos avaliados, com ausência de cobertura vegetal, proximidade de residências, inserção em áreas de cultivo agrícola e presença de indicadores visuais como coloração alterada da água e ocorrência de espumas.

Seben et al. (2024), ao avaliar vinte nascentes localizadas em diferentes contextos de uso e ocupação do solo no estado do Rio Grande do Sul, incluindo áreas de mata nativa e propriedades privadas com atividades agrícolas. A maioria das nascentes apresentou classificação “Boa” ou “Muito Boa”, mesmo na presença de atividades produtivas, desde que houvesse manejo adequado e elementos mínimos de proteção. Contudo, nascentes situadas em áreas de mata nativa apresentaram maior variabilidade nos resultados, com ocorrências de classificação “Regular” e “Muito Ruim”.

Aplicando a análise macroscópica em rios, Silva, Marvila e Santos (2020) avaliaram a qualidade ambiental do Rio Salinas, em Minas Gerais, em três pontos situados nas proximidades de áreas residenciais e comerciais. Os resultados enfatizaram um quadro crítico de degradação, com dois pontos classificados como Classe D (Ruim) e um como Classe E (Péssima). Os autores ressaltam que os locais com pior desempenho apresentavam expressiva quantidade de resíduos sólidos, indícios de uso direto por humanos e animais, além de vegetação marginal degradada ou ausente. Destaca-se, ainda, que práticas como o trânsito de carroças e o pisoteio por animais nas margens do rio acentuam a compactação do solo, intensificam processos erosivos e contribuem para o assoreamento.

De forma a aplicar a análise macroscópica ao entorno de poços subterrâneos, Batista (2022) também apresentou resultados semelhantes aos observados no ponto LOP03 do presente estudo. A Classe D (Ruim) foi atribuída, de modo geral, aos locais que apresentavam elevado grau de degradação da vegetação nativa no entorno, ausência de cobertura vegetal e sinais de intervenção antrópica. Por outro lado, a Classe C (Razoável) foi observada em pontos onde, apesar da presença de infraestrutura de bombeamento, existiam condições intermediárias de conservação ambiental. Nesses casos, a proximidade desses pontos com residências ao entorno foram fatores determinantes para a redução da pontuação, ainda que mitigados parcialmente pela manutenção de certos elementos estruturais dos poços e pela ausência de fontes visíveis de poluição.

Apesar desse tipo de análise metodológica apresentar-se muito simples, intuitiva e subjetiva, ela destaca pontos positivos importantes para a disseminação do conhecimento e preocupação com os recursos hídricos. O processo integrador da educação ambiental nesse tipo de análise cumpre com um dos objetivos da Política Nacional de Educação Ambiental que é a garantia a democratização das informações ambientais (Brasil, 1999). Ademais, as observações realizadas dão subsídios iniciais e claros sobre o impacto ambiental e grau de preservação de um local observado, servindo como base para o delineamento de programas de monitoramento ambiental mais robusto.

Assim, a análise macroscópica se insere de forma estratégica na gestão de recursos hídricos e no gerenciamento de bacias hidrográficas, ao permitir a identificação rápida de áreas críticas,

promover o engajamento da sociedade e fornecer subsídios para ações de manejo e monitoramento ambiental. A sua adoção sistemática por comitês de bacia, instituições de ensino e órgãos ambientais pode ampliar a efetividade das ações locais de preservação, especialmente em áreas com recursos limitados ou em estágio inicial de diagnóstico ambiental.

CONCLUSÃO

Em relação ao monitoramento das variáveis físico-químicas, os resultados evidenciam comportamentos distintos entre os pontos monitorados, refletindo suas diferentes naturezas hidrológicas e graus de exposição a influências antrópicas. A nascente (LOP01) demonstrou relativa preservação, ainda que sensível às variações sazonais, sobretudo em parâmetros como turbidez, cor e STD. O exutório (LOP02), por sua vez, apresentou indícios de influência difusa, especialmente na condutividade elétrica e no STD, o que reforça seu papel como ponto de acúmulo das pressões exercidas a montante. Já o poço (LOP03) manteve estabilidade na maioria dos parâmetros, típica de ambientes subterrâneos, com exceção do pH em janeiro, o qual se mostrou inferior ao estabelecido pelas legislações vigentes, mas passível de correção técnica. De forma geral, todos os pontos analisados apresentaram conformidade com os limites estabelecidos pelas respectivas normativas ambientais, considerando os enquadramentos adotados para cada tipo de corpo hídrico. As variações observadas entre os períodos de maior e menor precipitação reforçam a importância do monitoramento contínuo e da integração entre variáveis físico-químicas e as condições de uso e ocupação do solo na avaliação da qualidade da água e na gestão ambiental da bacia.

A aplicação da análise macroscópica nos três pontos monitorados permitiu evidenciar distintos níveis de preservação ambiental ao longo da bacia hidrográfica, com classificações variando entre Classe B (Boa) para a nascente, Classe C (Razoável) para o poço e Classe D (Ruim) para o exutório. Essa variação reflete a heterogeneidade das condições ambientais associadas aos diferentes padrões de uso e ocupação do solo, bem como ao grau de proteção das áreas circunvizinhas. Embora o ponto da nascente tenha sido enquadrado na Classe B, sua pontuação situa-se próxima ao limiar inferior da categoria, o que indica um estado de alerta e a necessidade de ações preventivas para garantir sua integridade ecológica. A classificação do exutório como Classe D evidencia um cenário de degradação mais acentuado, possivelmente relacionado à maior pressão antrópica, presença de poluição difusa e proximidade com áreas urbanizadas. Já o poço apresentou uma condição intermediária, refletindo a influência de elementos antrópicos associados à infraestrutura de captação, mas ainda mantendo aspectos que contribuem para a manutenção parcial da qualidade ambiental.

Os dados obtidos demonstram que a análise macroscópica é uma ferramenta eficiente, de baixo custo e aplicabilidade prática, tanto para o diagnóstico ambiental preliminar quanto para o apoio à tomada de decisão em programas de monitoramento e gestão de bacias hidrográficas. Além disso, sua utilização pode ser ampliada como instrumento de educação ambiental e participação comunitária, fortalecendo estratégias locais de conservação e uso sustentável dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, I. D. P. (2022) “Avaliação da qualidade da água de consumo humano em poços subterrâneos de propriedades rurais do município de São José do Inhacorá – RS”. Trabalho de Conclusão de Curso (Universidade Federal de Santa Maria - Engenheira Ambiental e Sanitarista). 63p.
- BRASIL (1999). Lei nº 9.795 de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Presidência da República: Casa Civil - Subchefia para Assuntos Jurídicos

BRASIL (2005). Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de esfluentes.* Diário Oficial da União, Brasília, DF: Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005.

BRASIL (2008). Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008. *Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.* Diário Oficial da União, Brasília, DF: Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2008.

BRASIL (2021). Resolução CONAMA nº 888, de 23 de novembro de 2021. *Estabelece critérios e padrões de qualidade para o monitoramento das águas, disciplinando seu uso e manejo sustentável.* Diário Oficial da União, Brasília, DF: Conselho Nacional do Meio Ambiente.

GALVAN, K. A.; MEDEIROS, R. C.; MARTINS NETO, R. P.; LIBERALESSO, T.; GOLOMBIESKI, J. I.; ZANELLA, R. (2020). *Análise ambiental macroscópica e a qualidade da água de nascentes na bacia do Rio São Domingos/SC, Brasil.* Revista Ibero-Americana De Ciências Ambientais, 11(1), 165–176

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. (2005) “*Avaliação dos Impactos Ambientais em Nascentes a cidade de Uberlândia-MG: Análise Macroscópica*”. Sociedade & Natureza, Uberlândia, v. 17, n. 32, p. 103-120.

RESENDE, K.M.G.; ALCANTARA, E.; FONSECA, L.R.; MARQUES, R.F.P.V. (2020). “*Análise macroscópica como subsídio para um plano de manejo de uma nascente urbana no sul de Minas Gerais*”. Rev. Augustus v.24, n. 49, p. 260-277.

ROCHA, B.F.; FONSECA, A.R.; SOUSA, F.F.de (2017). “*Análise Macroscópica e Parâmetros Microbiológicos de nascentes da área urbana de Cláudio, Minas Gerais, Brasil*”. Conexão Ciência. v. 12, n. 3, p 17-33.

SEBEN, D; SCHNEIDER, S. I.; BATISTA, I. D. P.; MOURA, M. B; TOEBE, M.; MEDEIROS, R. C.; BORDA, W. F.; GOLOMBIESKI, J. I. (2024). *Importance of Macroscopic Environmental Analysis for spring preservation used for human consumption.* Ciência e Natura, v. 46.

SILVA, E. S. G.; MARVILA, P. S.; SANTOS, A. E. (2021). *Avaliação da qualidade ambiental do Rio Salinas-MG por meio da análise macroscópica.* Pensar Acadêmico, v. 19, n. 1, p. 78-86.