ReGeo ISSN: 2177-3246

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL E ESTIMATIVA DE APORTES NUTRICIONAIS DA PISCICULTURA NA MICROBACIA DO CÓRREGO GAVIÃO, PARANÁ, BRASIL

ENVIRONMENTAL CHARACTERIZATION AND ESTIMATION OF NUTRIENT INPUTS FROM FISH FARMING IN THE CÓRREGO GAVIÃO WATERSHED, PARANÁ, BRAZIL

CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL Y ESTIMACIÓN DE LOS APORTES DE NUTRIENTES DE LA PISCICULTURA EN LA MICROCUENCA DEL ARROYO GAVIÃO, PARANÁ, BRASIL

https://doi.org/10.56238/revgeov17n8-081

Data de submissão: 24/06/2026 **Data de publicação:** 08/08/2026

Pedro Rondon Werneck
Doutorando em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca
Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste)
E-mail: prondonwerneck@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-8729-5259
Lattes: http://lattes.cnpq.br/5293699847807939

Jhonatan Dilda
Graduando em Engenharia de Pesca
Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste)
E-mail: Diiilldaaa@gmail.com
Lattes: http://lattes.cnpq.br/1315000023312872

David Borovicz Carvalho da Silva de Jesus
Doutorando em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca
Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste)
E-mail: david.engaqui@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0009-0002-4765-4186
Lattes: http://lattes.cnpq.br/7564288500948998

Analice Timoteo de Araujo
Mestranda em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca
Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)
E-mail: analice.t.araujo@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-3575-1694
Lattes: http://lattes.cnpq.br/3154303920979373

Aldi Feiden
Doutor em Ciências
Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)
E-mail: aldifeiden@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-6823-9291
Lattes: http://lattes.cnpq.br/8384358462664823

RESUMO
Este estudo caracterizou os aspectos físicos, morfométricos, ambientais e produtivos da microbacia hidrográfica do Córrego Gavião, localizada na região oeste do Paraná, bem como estimou os aportes

potenciais de nitrogênio total e fósforo total associados à piscicultura em viveiros escavados. A delimitação e as análises espaciais foram realizadas com modelo digital de elevação, dados de solos, uso e ocupação da terra e ferramentas de geoprocessamento. A microbacia apresentou área de 47,02 km², relevo predominantemente plano a suavemente ondulado, altitudes entre 300 e 500 m e ocorrência principal de Latossolo Vermelho e Nitossolo Vermelho. A agricultura constituiu a classe de uso predominante. Foram identificados 224 viveiros, totalizando 106,66 ha de lâmina d'água, com predominância numérica de viveiros pequenos e maior área ocupada por viveiros grandes. Os índices morfométricos indicaram bacia alongada, baixa densidade de drenagem e reduzida tendência geométrica à concentração de cheias. A produção piscícola municipal demonstrou aumento da participação de tilápias e alevinos. Os aportes estimados totalizaram 215,82 toneladas de nitrogênio e 25,67 toneladas de fósforo durante a criação, além de 9,69 e 1,81 toneladas, respectivamente, na despesca. Os resultados evidenciam a importância do planejamento integrado, embora não substituam o monitoramento direto da qualidade da água e dos efluentes.

Palavras-chave: Aquicultura. Geoprocessamento. Morfometria. Microbacia Hidrográfica. Nutrientes.

ABSTRACT

This study characterized the physical, morphometric, environmental, and production-related aspects of the Córrego Gavião watershed, located in western Paraná, Brazil, and estimated the potential total nitrogen and total phosphorus inputs associated with fish farming in excavated ponds. Watershed delineation and spatial analyses were performed using a digital elevation model, soil and land-use data, and geoprocessing tools. The watershed covers 47.02 km² and is characterized predominantly by flat to gently undulating terrain, elevations ranging from 300 to 500 m, and the occurrence of Red Latosol and Red Nitosol. Agriculture was the predominant land-use category. A total of 224 excavated ponds were identified, covering 106.66 ha of water surface. Small ponds were predominant in number, whereas large ponds occupied the largest total area. Morphometric indices indicated an elongated watershed, low drainage density, and a relatively low geometric tendency toward flood concentration. Municipal fish production data showed an increasing contribution of Nile tilapia and fingerlings. Estimated inputs during the rearing period totaled 215.82 metric tons of nitrogen and 25.67 metric tons of phosphorus, while harvest operations contributed 9.69 and 1.81 metric tons, respectively. These findings emphasize the importance of integrated watershed planning; however, the estimates do not replace direct monitoring of water quality, sediments, and aquaculture effluents.

Keywords: Aquaculture. Geoprocessing. Morphometry. Watershed. Nutrients.

RESUMEN

Este estudio caracterizó los aspectos físicos, morfométricos, ambientales y productivos de la microcuenca hidrográfica del arroyo Gavião, ubicada en la región occidental de Paraná, Brasil, y estimó los aportes potenciales de nitrógeno total y fósforo total asociados con la piscicultura en estanques excavados. La delimitación de la microcuenca y los análisis espaciales se realizaron mediante un modelo digital de elevación, datos de suelos, uso y cobertura de la tierra y herramientas de geoprocesamiento. La microcuenca presentó un área de 47,02 km², relieve predominantemente plano a suavemente ondulado, altitudes entre 300 y 500 m y presencia principal de Latossolo Rojo y Nitossolo Rojo. La agricultura fue la categoría de uso del suelo predominante. Se identificaron 224 estanques excavados, con una superficie total de agua de 106,66 ha. Los estanques pequeños fueron predominantes en número, mientras que los grandes ocuparon la mayor superficie total. Los índices morfométricos indicaron una microcuenca alargada, con baja densidad de drenaje y reducida tendencia geométrica a la concentración de crecidas. Los datos municipales mostraron un aumento de la participación de la tilapia del Nilo y de los alevines. Los aportes estimados durante la cría totalizaron 215,82 toneladas de nitrógeno y 25,67 toneladas de fósforo; durante la cosecha fueron de 9,69 y 1,81 toneladas, respectivamente. Los resultados destacan la importancia de la planificación integrada,

aunque las estimaciones no sustituyen el monitoreo directo de la calidad del agua, los sedimentos y los efluentes acuícolas.

Palabras clave: Acuicultura. Geoprocesamiento. Morfometría. Microcuenca Hidrográfica. Nutrientes.

1 INTRODUÇÃO

A piscicultura em viveiros escavados constitui uma atividade relevante para a produção de alimentos, a geração de renda e a diversificação econômica no meio rural. No oeste do Paraná, a criação de peixes, especialmente de tilápias, está associada a uma cadeia produtiva estruturada, que envolve produtores, fornecedores de insumos, unidades de processamento e sistemas de transporte (FEIDEN *et al.*, 2018). Entretanto, a expansão da aquicultura deve ser acompanhada por avaliações ambientais capazes de identificar sua relação com a disponibilidade hídrica, o uso da terra e a qualidade dos ecossistemas aquáticos.

Os viveiros escavados podem atuar como fontes potenciais de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, provenientes principalmente da ração, das excretas dos peixes e da decomposição de resíduos acumulados no sedimento. Quando esses nutrientes são liberados em excesso, podem contribuir para a eutrofização, processo caracterizado pelo aumento da produtividade primária, pela proliferação de algas e cianobactérias e por alterações na concentração de oxigênio dissolvido (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2010; SMITH; TILMAN; NEKOLA, 1999). A intensidade desses efeitos depende de fatores como densidade de estocagem, eficiência alimentar, manejo dos viveiros, renovação da água, características do solo e capacidade de assimilação do ambiente receptor.

A avaliação dos impactos potenciais da piscicultura deve considerar, contudo, que o nitrogênio e o fósforo podem apresentar múltiplas fontes em uma microbacia hidrográfica. Atividades agrícolas, criação de animais, áreas urbanizadas, erosão do solo e efluentes domésticos também podem contribuir para o enriquecimento dos cursos d'água (CARPENTER *et al.*, 1998). Dessa forma, a estimativa dos aportes provenientes dos viveiros deve ser interpretada como uma aproximação da contribuição potencial da atividade aquícola, e não como uma medição direta da carga efetivamente transportada pelo Córrego Gavião.

A microbacia hidrográfica constitui uma unidade adequada para esse tipo de análise, pois integra processos relacionados ao relevo, ao solo, à cobertura da terra e ao escoamento superficial. Parâmetros morfométricos, como área, perímetro, coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade e densidade de drenagem, permitem caracterizar a configuração física da bacia e auxiliar na interpretação de sua resposta hidrológica. Entretanto, esses indicadores devem ser analisados conjuntamente com as características de uso e ocupação do solo, uma vez que a forma da bacia, isoladamente, não determina a ocorrência de processos erosivos, inundações ou transporte de nutrientes.

Nesse contexto, as geotecnologias permitem integrar modelos digitais de elevação, dados de sensoriamento remoto, mapas de solos e informações sobre atividades produtivas. Os modelos digitais

de elevação são utilizados na delimitação de bacias e na extração da rede de drenagem (JENSON; DOMINGUE, 1988; TARBOTON, 1997), enquanto os Sistemas de Informação Geográfica possibilitam analisar a distribuição espacial dos viveiros, das rodovias, dos frigoríficos e das diferentes classes de uso da terra. Produtos como o MapBiomas também ampliam a capacidade de monitorar a cobertura e o uso do solo em escala temporal e territorial abrangente (SOUZA *et al.*, 2020).

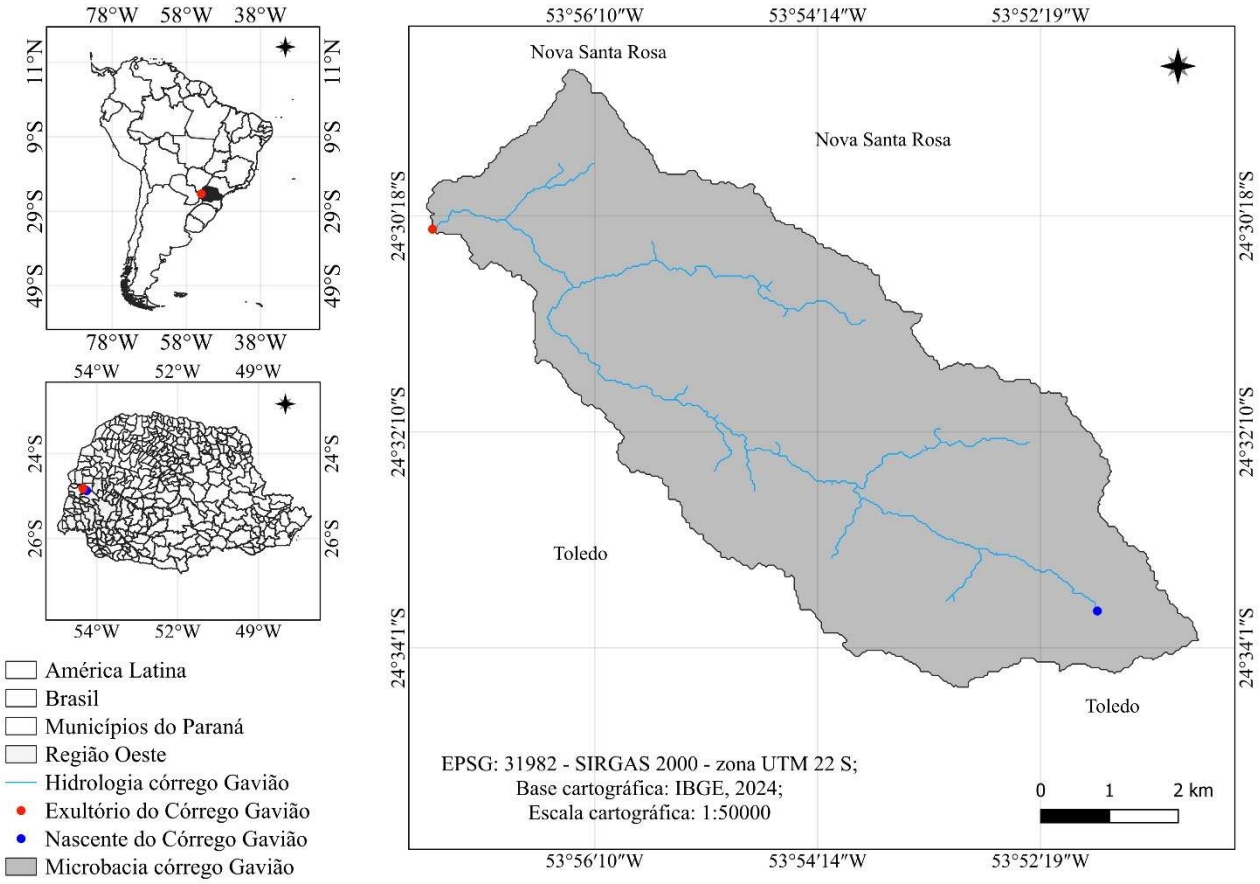
Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo caracterizar os aspectos físicos, morfométricos, morfológicos e de uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do Córrego Gavião, bem como analisar a distribuição dos viveiros escavados e estimar os aportes potenciais de nitrogênio total e fósforo total associados à atividade aquícola. A relevância da pesquisa reside na possibilidade de fornecer subsídios para o planejamento territorial, o monitoramento ambiental e a expansão sustentável da piscicultura. Ressalta-se, entretanto, que as estimativas de nitrogênio e fósforo obtidas por coeficientes de emissão não substituem análises diretas de água, sedimentos e efluentes. Portanto, os resultados devem ser compreendidos como indicadores de pressão ambiental potencial e como base para a definição de áreas prioritárias para futuras campanhas de monitoramento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCAL DE ESTUDO

A microbacia hidrográfica do Córrego Gavião está situada na porção oeste do estado do Paraná, conforme indicado na Figura 1. Abrange áreas dos municípios de Nova Santa Rosa, Toledo e do distrito de Novo Sarandi. Trata-se de um afluente pela margem direita do rio Guaçu. A região insere-se em zona climática subtropical úmida, classificada como Cfa segundo a classificação climática de Köppen (1936).

Figura1: Monstra a localização da microbacia hidrográfica do Córrego Gavião, afluente pela margem direita do rio Guaçu, localizado na região oeste do estado do Paraná.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores, 2026.

2.2 DELIMITAÇÃO DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO GAVIÃO

A microbacia hidrográfica do Córrego Gavião, foi delimitada utilizando Modelo Digital de Elevação (MDE), o qual possuem resolução de 30 m, obtida no site da *United States Geological Survey* – USGS (USGS, 2021). O MDE foi processado no *software* livre QGIS®, versão 3.22.1 (QGIS, 2021) utilizando os algoritmos *r.fill.dir*, realiza correções de possíveis erros que possam ocorrer devido a problemas atmosféricos, a delimitação iniciou-se capturando o exultório da microbacia com o auxílio do algoritmo *Geographic Resources Analysis Support System – GRASS*, os procedimentos seguintes foram realizados pelos algoritmos *r.watershed*, com ele obtemos os raster de drenagem e fluxo dos canais, *r.water.outlet* forneceram os raster da microbacia e da hidrologia. O algoritmo *r.to.vect* foi responsável pela vetorização dos raster da microbacia e hidrologia do Córrego Gavião, todos os algoritmos utilizados são nativos do QGIS®, versão 3.22.1 (QGIS, 2021), procedimento semelhante ao utilizado na delimitação do rio Branco artigo realizado por Werneck *et al.* (2023).

2.3 ANÁLISE DE ASPECTOS FÍSICOS E USO E OCUPAÇÃO

A análise da declividade foi conduzida a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE) com resolução espacial de 30 metros, obtido por meio da plataforma da United States Geological Survey – USGS (USGS, 2021). O processamento do MDE foi realizado no ambiente do *software* QGIS®, por meio do algoritmo nativo de cálculo de declividade em porcentagem. A classificação das faixas de declividade adotadas baseou-se nos critérios definidos por Francisco *et al.* (2019). As etapas de processamento seguiram metodologia semelhante à empregada nos estudos de Macedo *et al.* (2023) e Werneck *et al.* (2023a). A quantificação das áreas correspondentes às classes de declividade foi efetuada por meio do algoritmo *r.report*, também nativo do QGIS®, conforme procedimento descrito por Araujo *et al.* (2025).

A análise da hipsometrica foi realizada com base em um Modelo Digital de Elevação (MDE) com resolução espacial de 30 metros, obtido na plataforma da *United States Geological Survey* – USGS (USGS, 2021). O processamento considerou as variações altimétricas, calculadas a partir das cotas mínimas e máximas extraídas diretamente do MDE. Os procedimentos foram executados no *software* QGIS®, versão 3.22.14 *Białowieża* (QGIS, 2021), com o suporte do algoritmo *r.report*, integrante do pacote GRASS. A metodologia adotada seguiu os protocolos descritos por Macedo *et al.* (2023) e Werneck *et al.* (2023).

A análise dos tipos de solos foi fundamentada em dados vetoriais disponibilizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), na escala cartográfica de 1:250.000. A abordagem metodológica seguiu os procedimentos descritos por Francisco *et al.* (2019) e da Silva Morsoleto *et al.* (2023). As quantificações e manipulações espaciais dos atributos dos solos foram realizadas por meio da calculadora de atributos do *software* QGIS®, permitindo a análise integrada com as demais variáveis ambientais do estudo. A quantificação das áreas correspondentes às classes de tipo de solos foi efetuada pela calculadora de atributos implantada na tablea, também nativo do QGIS®, conforme procedimento descrito por Araujo *et al.* (2025).

Os dados referentes ao uso e à ocupação do solo foram obtidos a partir do banco de dados do projeto MapBiomas, disponibilizados em formato raster, na escala de 1:100.000 e com resolução espacial de 30 metros. As análises quantitativas das categorias de uso foram conduzidas por meio do algoritmo *r.report*, integrado ao conjunto de ferramentas GRASS no ambiente do *software* QGIS®, garantindo a extração precisa das métricas espaciais pertinentes à área de estudo Araujo *et al.* (2025).

2.4 MORFOMETRIA E MORFOLOGIA

A obtenção dos índices e dos cálculos morfométricos foi realizada a partir dos arquivos vetoriais (shapefiles), por meio do uso da calculadora de atributos e da tabela de atributos disponibilizadas no *software* livre QGIS®, versão 3.22.1 (QGIS, 2021).

Os índices morfométricos considerados no presente estudo foram: (A) área da bacia hidrográfica, (P) perímetro, (E) comprimento da bacia, (L) comprimento do curso principal do rio, (Lt) comprimento total dos canais de drenagem, (Lr) distância entre os extremos do curso principal e (H) amplitude altimétrica da bacia. Os respectivos cálculos encontram-se detalhados na Quadro 1.

Quadro 1. Índices morfométricos, fórmulas, descrição utilizados para a microbacia do Córrego Gavião, afluente do rio Guaçu localizado na região oeste do estado do Paraná.

Índice	Fórmula	Descrição dos itens
Kc – Coeficiente de compacidade	$Kc = 0,28 * \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right)$	P: Perímetro da bacia (m); A: Área da bacia (m²)
F – Fator de forma	$F = \frac{A}{E^2}$	A: Área da bacia (m²); E: Comprimento do eixo da Bacia (m)
Ic - Índice de Circularidade	$Ic = \frac{12,57 * A}{p^2}$	A: Área da bacia (m²); P: Perímetro da bacia (m)
Dd - Densidade de drenagem	$Dd = \frac{¿}{A/1000}$	Lt: Comprimento da rede de drenagem (km); A: Área da bacia (km²)
Tc - Tempo de concentração	$Tc = 57 * \left(\frac{L/1000^3}{H} \right)^{0,385}$	L: Comprimento do talvegue principal (km); H: Desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle (m)
Is - Índice de sinuosidade	$Is = \frac{100 \times (L - Lr)}{L}$	L: Comprimento do rio principal (m); Lr: Comprimento do talvegue do rio principal (m)
Er - Razão do alongamento	$Er = 1,128 \times \frac{\sqrt{A}}{E}$	A: Área da bacia (m²); E: Comprimento do eixo da bacia (m)
Rr - Relevo relativo	$Rv = \frac{H}{P}$	P: Perímetro da bacia (m); H: Amplitude altimétrica (m)

Fonte: adaptado de Georgin *et al.* 2015.

2.5 MAPEAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE VIVEIROS ESCAVADOS, RODOVIAS E FRIGORIFICOS

A caracterização estrutural dos viveiros escavados localizados na microbacia hidrográfica do Córrego Gavião foi realizada por meio do *plugin Google Earth*, integrado à plataforma do *software* QGIS®, versão 3.22.14 *Białowieża* (QGIS, 2021). A tipologia dos viveiros seguiu a classificação proposta por Marinho *et al.* (2024), classificada em três categorias de acordo com suas respectivas áreas:

• Classe I – viveiros de pequeno porte, com áreas variando entre 300 m² e 3.000 m²;
• Classe II – viveiros de médio porte, com áreas entre 3.001 m² e 6.000 m²;
• Classe III – viveiros de grande porte, com áreas superiores a 6.001 m².

A identificação dos viveiros apoia-se na observação de edificações associadas à atividade aquícola, tais como residências, galpões, silos, aeradores e alimentadores automáticos Werneck *et al.* (2024). Viveiros com área inferior a 300 m² foram desconsiderados na análise, uma vez que podem representar bebedouros para animais ou outras estruturas de uso não relacionado à aquicultura (Macedo *et al.*, 2024).

As rodovias foram obtidas no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021). Os arquivos vetoriais (shapefiles) de rodovias, foram recortados utilizando como mascara a delimitação da microbacia hidrográfica do Córrego Gavião, para este processo foi utilizado o software QGIS®, versão 3.22.14 *Białowieża* (QGIS, 2021).

2.6 PRODUÇÃO PISCÍCOLA DOS MUNICÍPIOS DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO GAVIÃO

A analise da produção piscícola dos municípios que partilha a microbacia hidrográfica do córrego Gavião, foi realizado com uma analise extrativa, quantitativa e qualitativa de dados oficiais da Tabela 3940 - Produção da Pecuária Municipal: Produção Aquícola, disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), por meio do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), com referência ao ano de 2024.

2.7 ESTIMATIVA DO APORTE DE NITROGÊNIO TOTAL E FÓSFORO TOTAL

As estimativas de aporte residual de nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) provenientes da atividade aquícola em viveiros escavados na microbacia do Córrego Gavião foram obtidas com base na metodologia proposta por Coldebella *et al.* (2020). Para o cálculo desses aportes, considerou-se a área de cultivo dos viveiros mapeados e classificados neste estudo, adotando-se uma densidade de biomassa de 5 kg por metro quadrado de lâmina de água. Os coeficientes de emissão utilizados, referentes às fases de criação e de despesca, encontram-se detalhados na Quadro 2, conforme os parâmetros estabelecidos por Coldebella *et al.* (2020).

Quadro 2. Valores de referência para cálculos de aporte de Nitrogênio total e Fósforo Total, de acordo com as classes dos viveiros (tamanho) e durante a fase de criação (9 meses) e despesca (1 dia).

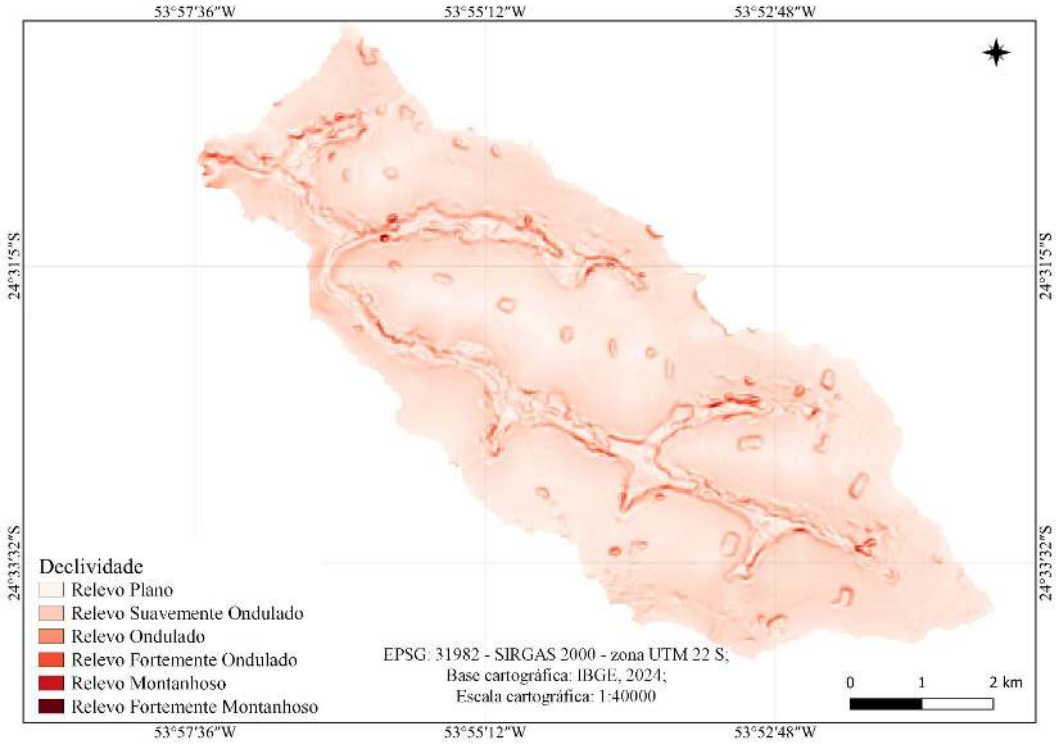
Classes	Tamanho (m²)	Valores de referência			
		Criação		Despesca	
		Nitrogênio (kg/ha)	Fósforo (kg/ha)	Nitrogênio (kg/ha)	Fósforo (kg/ha)
I	300 - 3000	2.047,70	261,91	54,59	16,47
II	3.001 – 6.000	1.951,05	197,30	120,49	26,11
III	> 6.000	2.055,85	260,99	81,56	12,18

Fonte: Coldebella *et al.* 2020.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Microbacia hidrográfica do córrego Gavião é formada principalmente pelos relevos planos que possui inclinação de 0 até 2% e suavemente ondulado possui inclinação de 2% a 5%, como vemos na Figura 2, estes tipos de relevos facilitam a implantação de novas pisciculturas, devido ao menor deslocamento e cortes de solo, como discute Francisco *et al.* (2019), estes dois tipos de declividade também podem ser encontrados no rio Tatui, e Santa Quitéria foram estudadas por Marinho *et al.* (2024) e Panzera *et al.* (2024).

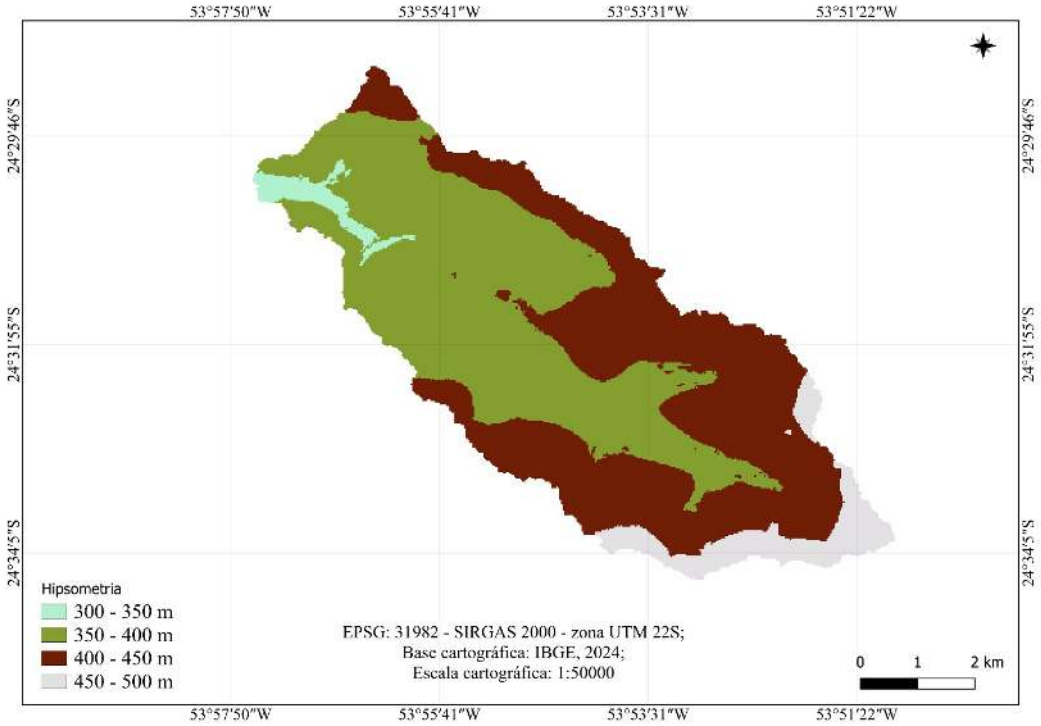
Figura 2. Declividades da Microbacia Hidrográfica do Córrego Gavião, afluente pela margem direita do rio Guaçu, localizado na região oeste do estado do Paraná.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores, 2026.

A microbacia hidrográfica do Córrego Gavião Figura 3, possui quatro faixas hipsometrias, que vão dos 300 metros até os 500 metros de altitude, podem ser considerada as duas maiores áreas, a faixa hipsometrias de 350 a 400 metros, seguindo pela faixa dos 400 até 450 metros, seguida pela faixa dos 450 até os 500 metros de altitude e a menor área envolve as faixas dos 300 a 350 metros de altitude, esta altitude pode ser consideradas montanhas baixas Francisco *et al.* (2019).

Figura 3. Hipsometria da microbacia hidrográfica do Córrego Gavião, afluente pela margem direita do rio Guaçu, localizado na região oeste do estado do Paraná.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores, 2026.

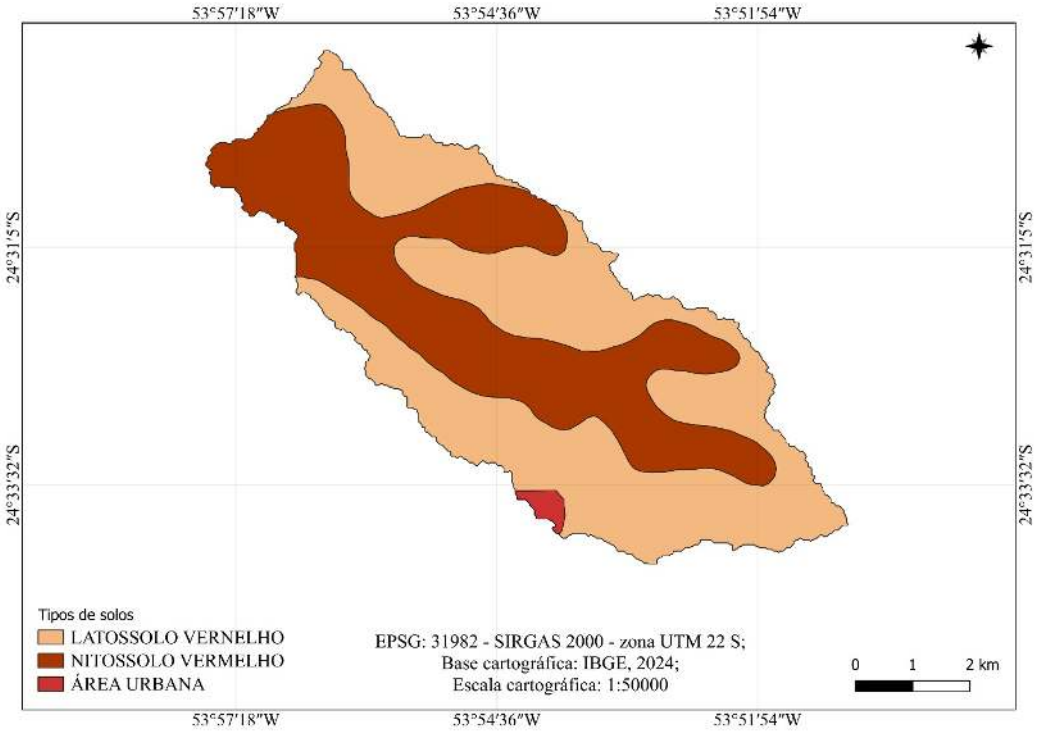
A microbacia hidrográfica do Córrego Gavião possui dois tipos principais de solos, como podemos observar na Figura 4, LATOSSOLO VERMELHO e NITOSSOLO VERMELHO. O solo com maior área na microbacia é o LATOSSOLO, com 2.678,04 ha e o NITOSSOLO possui 1.985,47 ha, estes tipos de solos foram encontrados também na microbacia do rio Encantado realizado por Rios *et al.* (2024).

O LATOSSOLO VERMELHO é um solo profundamente intemperizado, com coloração avermelhada atribuída à alta concentração de óxidos de ferro, especialmente hematita. Apresenta textura argilosa a muito argilosa, elevada retenção de água e suscetibilidade à compactação. Sua mineralogia é dominada por minerais secundários, como caulinita, e sua baixa relação Ki indica avançado grau de intemperismo e reduzida proporção de sílica em relação à alumina (EMBRAPA, 2018).

O NITOSSOLO VERMELHO origina-se do intemperismo de rochas ígneas básicas, como basaltos, sendo caracterizado por coloração avermelhada intensa devido à presença de óxidos de ferro. Possui textura argilosa a muito argilosa e estrutura em blocos bem desenvolvidos, o que confere estabilidade física. Devido à sua ocorrência em relevo acidentado, apresenta elevada susceptibilidade à erosão, exigindo práticas conservacionistas para manejo sustentável (EMBRAPA, 2018).

Ambos os tipos de solos, possuem boas características para a construção de viveiros escavados de acordo com Francisco *et al.* (2019).

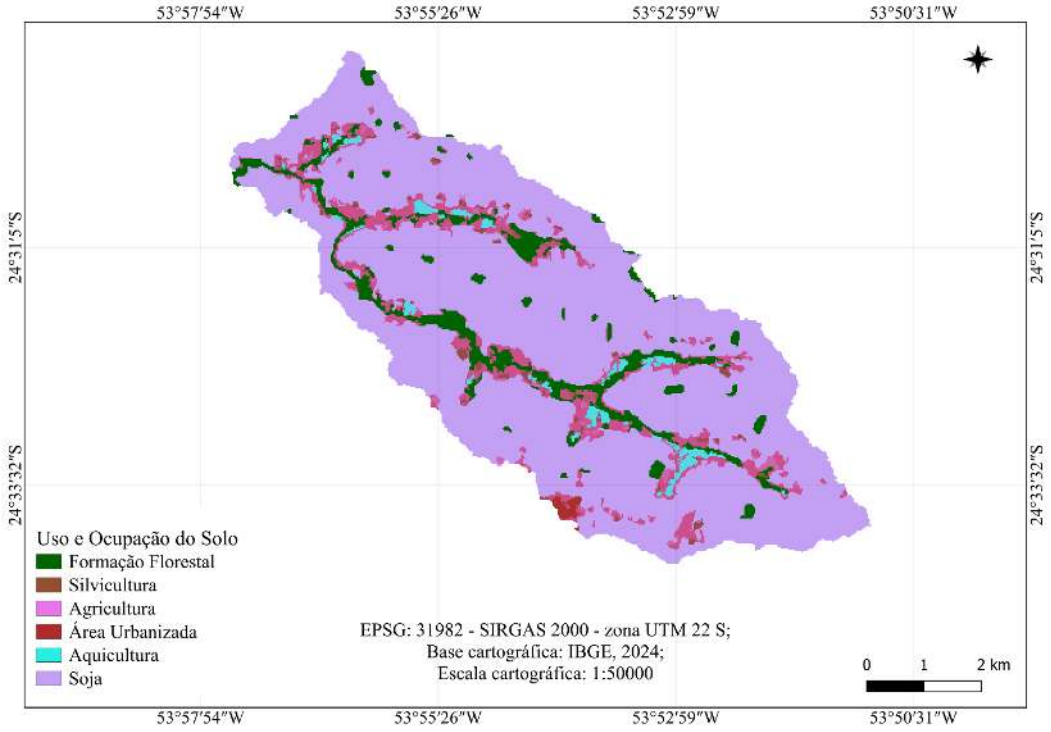
Figura 4. Tipos de solos da microbacia hidrográfica do Córrego Gavião, afluente pela margem direita do rio Guaçu, localizado na região oeste do estado do Paraná.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores, 2026.

O uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do córrego Gavião, divide-se em formação florestal, silvicultura, agricultura (soja), área urbanizada e aquicultura. A maior área encontrada foi da agricultura principalmente o plantio de soja, seguida pela área de formação florestal, logo depois vem as áreas de aquicultura, seguida pelas áreas de silvicultura e por fim aparece as áreas urbanizadas, como podemos observar na Figura 5.

Figura 5. Uso e ocupação da microbacia hidrográfica do Córrego Gavião, afluente pela margem direita do rio Guaçu, localizado na região oeste do estado do Paraná.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores, 2026.

Os cálculos de morfometria e morfologia da microbacia hidrográfica do Córrego Gavião, demonstrada na tabela 3, possui 47,02 km² de área, o comprimento calculado para a microbacia foi de 13,17 km, o comprimento do curso principal do Córrego Gavião é de 14.74 km, o comprimento dos cursos da microbacia foi calculado em 32,03 km, a amplitude da microbacia é de 159,43 m.

Os índices relacionados as microbacias hidrográficas do Córrego Gavião como vemos na Tabela 3, estes índices (Kc = 1.59, F = 0.27, Ic = 0.39 e Er = 0.59) demonstra que a microbacia possui forma alongada e comprida possuindo tendencias a conservação e baixa tendencia enchente, resultados próximos ao que observamos no rio Açu com autoria de Junior *et al.* (2024). A microbacia possui sua densidade de drenagem (Dd = 0.68) o que indica que a microbacia é do tipo baixa que indica baixo escoamento superficial com maior infiltração, resultado semelhante o encontrado no rio Ocoy com autoria de Werneck *et al.* (2024). O tempo de concentração (Tc = 3 horas). O índice de sinuosidade (Is = 22,30) calculado para a microbacia hidrográfico do Córrego Gavião indica canais retos resultado este semelhante ao encontrado no rio São Camilo com autoria de Macedo *et al.* (2024). A razão de relevo com resultado de (Rv = 0,004), quanto mais próximo de zero, mais plano é o terreno.

Tabela 3. resultados de índices morfométricos da microbacia hidrográfica do Córrego Gavião, afluente pela margem direita do rio Guaçu, localizado na região oeste do estado do Paraná.

ÍNDICES	RESULTADO
Kc	1,59
F	0,27
Ic	0,39
Er	0,59
Dd	0,68
Tc	180
Is	22,30
Rv	0,004

Fonte: adaptado do estudo desenvolvido por Georgin *et al.* (2015); Lira *et al.* (2019); da Silva Morssoleto *et al.* (2022a) e Werneck *et al.* (2023).

Foram mapeados e classificados o total de 224 viveiros escavados e uma lâmina de água de total de 106,66 ha como podemos observar na Tabela 4. O maior número de viveiros 78 foi encontrado na classe I ou viveiros de pequeno porte, o que pode indicar pisciculturas familiares, porém a lâmina de água mais encontrada 60,95 ha, foi da classe III ou viveiros de grande porte, estas áreas maiores de lâminas de água podem indicar o aumento da produção comercial nas pisciculturas.

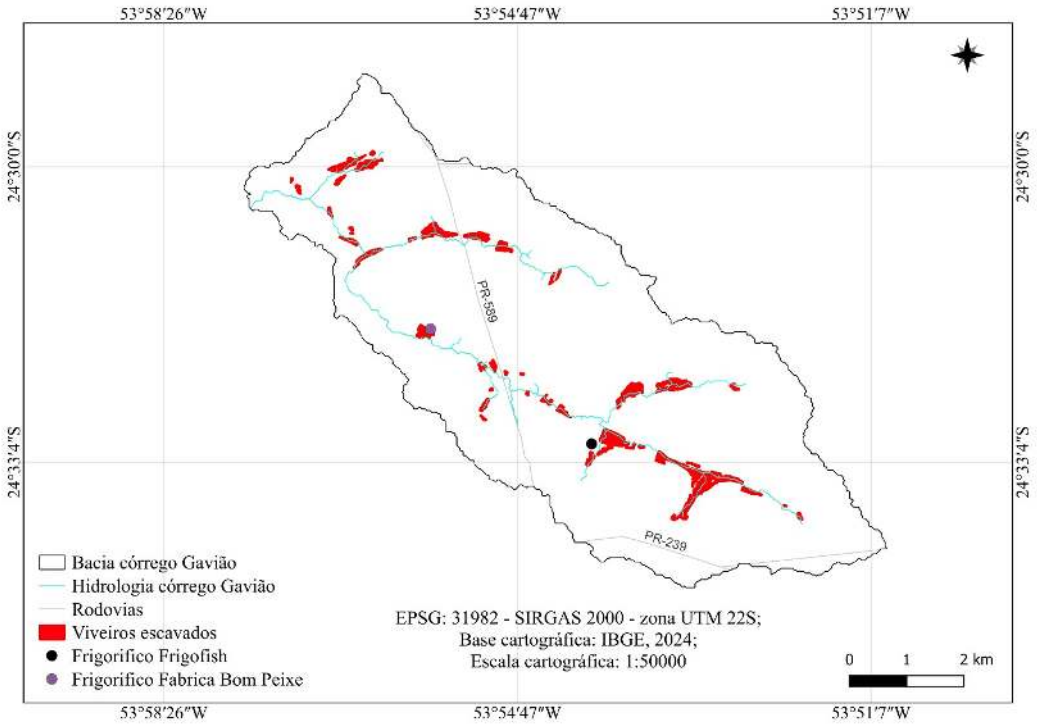
Tabela 4. viveiros escavados e áreas de lâminas de água da microbacia hidrográfica do Córrego Gavião, afluente pela margem direita do rio Guaçu, localizado na região oeste do estado do Paraná.

Classes	Tamanho (m²)	Viveiros	% viveiros	Área (ha)	% Area
I	300 – 3.000	78	34,82	11,91	11,17
II	3.001 – 6.000	76	33,93	33,80	31,69
III	>6.001	70	31,25	60,95	57,14
Total		224	100	106,66	100

Fonte: adaptado de da Silva Morssoleto *et al.* (2022b) e Werneck, *et al.*, 2023.

Na microbacia hidrográfica do Córrego Gavião, estão localizadas geograficamente os viveiros escavados, as rodovias PR – 589, PR - 239 e vicinais, as quais favorecem o transporte de matérias primas e a extração de produção Werneck *et al*, (2024), para os dois frigoríficos localizados na região da microbacia como podemos observar na figura 6, eles podem influenciar no aumento da produtividade dos produtores na microbacia Feiden *et al*, (2018), estas características favorecem o aumento na produção piscícola da região da microbacia Werneck, *et al.*, (2023).

Figura 6. localização dos viveiros escavados, rodovias e frigoríficos da microbacia hidrográfica do Córrego Gavião, afluente pela margem direita do rio Guaçu, localizado na região oeste do estado do Paraná.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores, 2026.

Os municípios de Nova Santa Rosa e Toledo, os quais a microbacia está localizada, possuem a produção piscícola foi formada por: Cyprinus carpio (Carpa), Piaractus mesopotamicus (Pacu), Oreochromis niloticus (Tilápia do Nilo), outros peixes e alevinos, resultado semelhantes foram encontrados nos artigos de Chopinzinho realizado Macedo *et al.* (2024) e do rio Jesuítas realizado por Werneck *et al.* 2024). A produção total nos municípios no período estudado foi de 51.676.800 Kg e 90.612.770 Kg respectivamente.

A produção total de carpas e outros peixes no município de Nova Santa Rosa, sofreu um decréscimo de 75% durante o período estudado, o mesmo município obteve incremento na produção de Tilápia e de alevinos de 513,75% e 516,66% respectivamente. No município de Toledo ocorreu decréscimo na produção de carpas, pacu e patinga e outros peixes de 32%, 14% e 85% respectivamente, porém ocorreu aumento produtivo de Tilápias e alevinos 135% e 119% respectivamente IBGE, 2024.

A estimativa da biomassa foi de 5.333 toneladas por ha, em área de 106,66 ha. O Maior aporte de Nitrogênio ocorreu na classe III, nas fazes de criação (9 meses) com (125,30 ton/ha), criação diária (0,46 ton/ha) e despesca (4,97 ton/ha). O maior aporte de Fósforo ocorreu também na classe III, nas fazes de criação (9 meses) com (15,90 ton/ha) e criação diária (0,05 ton/ha), na despesca (0,88 ton/ha) o aporte de Fósforo ocorreu na classe II.

O aporte de nutrientes (Nitrogênio Total e Fósforo Total), durante a criação o aporte de Nitrogênio e Fósforo foi de 241,49 ton por ha, diariamente foi liberado 0,87 ton/ha e a despesca o aporte foi de 11,5 ton/ha, como demonstrado na Tabela 5. A razão entre N/P foram obtidas as razões de 8/1 durante a criação, o aporte diário foi de 9/1 e o aporte na despesca foi de 5/1. Estas razões de Nitrogênio e Fósforo indicam que as razões são baixas devido serem mais baixos que 16:1 razão de corte devido a razão de Redfield.

Nutrientes essenciais, como nitrogênio (N) e fósforo (P), podem atuar como fatores limitantes nos ecossistemas aquáticos, influenciando diretamente os processos de eutrofização ao serem introduzidos no ambiente. Essa introdução pode intensificar a produtividade primária, conforme discutido por Macedo e Sipaúba-Tavares (2010).

Ambientes que apresentam baixas razões molares entre nitrogênio e fósforo (N/P) podem sinalizar condições eutróficas favoráveis à ocorrência de florações de cianobactérias. Nessas circunstâncias, o crescimento do fitoplâncton torna-se limitado pela disponibilidade relativa de nitrogênio, favorecendo espécies com capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico, como apontado por Vidal e Neto (2014).

A presença de matéria orgânica (MO) e de nutrientes (N e P) exerce influência significativa sobre a produção primária e a atividade respiratória dos ecossistemas aquáticos. Inicialmente, a comunidade fitoplanctônica é beneficiada, promovendo maior assimilação de dióxido de carbono (CO_2). Contudo, o crescimento exacerbado desses organismos pode provocar depleção de nutrientes em formas assimiláveis, como amônio e fosfato, além de comprometer a penetração luminosa devido ao aumento da turbidez da coluna d'água. Esses fatores resultam na redução da produção primária e intensificação de processos heterotróficos, levando ao aumento na produção de CO_2, principalmente em decorrência da atividade bacteriana Marinho *et al.*, (2016).

Tabela 5. Aporte de Nitrogênio e Fósforo da microbacia hidrográfica do Córrego Gavião, afluente pela margem direita do rio Guaçu, localizado na região oeste do estado do Paraná.

Classe	Biomassa (Ton/ha)	Área (ha)	Criação (9 meses)		Criação (Diária)		Despesca	
			N (Ton)	P (Ton)	N (Ton)	P (Ton)	N (Ton)	P (Ton)
I	595,5	11,91	24,38	3,11	0,09	0,01	0,65	0,19
II	1.690	33,80	66,14	6,66	0,24	0,02	4,07	0,88
III	3.047,5	60,95	125,30	15,90	0,46	0,05	4,97	0,74
Total	5.333	106,66	215,82	25,67	0,79	0,08	9,69	1,81

Fonte: adaptado de Coldebella *et al.* 2020.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que a microbacia hidrográfica do Córrego Gavião apresenta condições físicas, ambientais e logísticas favoráveis ao desenvolvimento da piscicultura, especialmente em razão da predominância de relevo plano a suavemente ondulado, da ocorrência de solos do tipo Latossolo Vermelho e Nitossolo Vermelho, da disponibilidade de áreas destinadas à aquicultura e da proximidade de rodovias e frigoríficos. A análise morfométrica indicou uma microbacia de formato alongado, baixa densidade de drenagem e reduzida tendência à ocorrência de grandes enchentes, enquanto o mapeamento identificou 224 viveiros escavados, totalizando 106,66 hectares de lâmina de água, com predominância da Classe I.

A produção aquícola dos municípios de Nova Santa Rosa e Toledo revelou a importância crescente da tilapicultura e da produção de alevinos para a economia regional. Entretanto, as estimativas de aporte demonstraram o aporte de nitrogênio e fósforo durante as fases de criação e despesca, com destaque para os viveiros de grande porte, o que pode favorecer processos de eutrofização e comprometer a qualidade dos recursos hídricos.

Portanto, embora a microbacia possua elevado potencial para a expansão da atividade aquícola, seu desenvolvimento deve estar associado a práticas de manejo sustentável, incluindo o monitoramento da qualidade da água, o controle da erosão, a manutenção da vegetação ciliar, o tratamento dos efluentes e o adequado manejo dos nutrientes, de modo a conciliar a produtividade piscícola com a conservação ambiental e a sustentabilidade da microbacia.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao grupo de estudo de Manejo na Aquicultura (Gemaq) pelo apoio a pesquisa, ao Conselho de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro, ao Centro de Referência em Nutrição e Piscicultura (CERNUPI), Instituto Água Viva e apoio da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

REFERÊNCIAS

ARAUJO, Analice Timoteo de *et al.* Análises morfométricas e aportes orgânicos da microbacia do Rio Baiano, município de Assis Chateaubriand, Brasil. Aracê, v. 7, n. 1, p. 1430–1445, 2025.

CARPENTER, Stephen R. *et al.* Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. Ecological Applications, Washington, DC, v. 8, n. 3, p. 559–568, 1998. DOI: 10.1890/1051-0761(1998)008[0559:NPOSWW]2.0.CO;2.

COLDEBELLA, Anderson *et al.* Nitrogen and phosphorus dynamics in Nile tilapia farming in excavated rearing ponds. Research, Society and Development, [s. l.], v. 9, n. 11, e1319119699, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i11.9699.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2018. 353 p.

FEIDEN, Aldi *et al.* A cadeia produtiva da tilápia no oeste do Paraná: uma análise sobre a formação de um arranjo produtivo local. Redes: Revista do Desenvolvimento Regional, Santa Cruz do Sul, v. 23, n. 2, p. 238–263, 2018.

FRANCISCO, H. R.; CORRÊA, F. A.; FEIDEN, A. Classification of areas suitable for fish farming using geotechnology and multi-criteria analysis. ISPRS International Journal of Geo-Information, v. 8, n. 9, art. 394, 2019.

GEORGIN, J.; OLIVEIRA, G. A.; ROSA, A. L. D. Estudo comparativo de índices morfométricos relacionado com cheias nas bacias hidrográficas do Alto Jacuí e Vacacaí–Vacacaí Mirim–RS. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 1357–1364, 2015.

IBGE — INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Portal de mapas. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-municipais.html. Acesso em: 31 jul. 2026.

IBGE — INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção da aquicultura, por tipo de produto. Tabela 3940. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3940. Acesso em: 31 jul. 2026.

JENSON, Søren K.; DOMINGUE, John O. Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Bethesda, v. 54, n. 11, p. 1593–1600, 1988.

JUNIOR, Olavo José Luiz *et al.* Estimativa de aporte de nitrogênio e fósforo na microbacia hidrográfica do Rio Açu utilizando ferramentas de geoprocessamento. Caderno Pedagógico, v. 21, n. 3, e3138, 2024.

KÖPPEN, Wladimir. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, Wladimir; GEIGER, Rudolf (ed.). Handbuch der Klimatologie. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1936.

LIRA, K. C. S.; FRANCISCO, H. R.; FEIDEN, A. Análise morfométrica da microbacia do Rio Marreco: subsídios para cálculos do impacto ambiental causado pela piscicultura. In:

INTERNATIONAL FISH CONGRESS, 2019, Foz do Iguaçu. Anais […]. Foz do Iguaçu: [s. n.], 2019.

MACEDO, Carlos Fernando; SIPAÚBA-TAVARES, Lúcia Helena. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 149–163, 2010.

MACEDO, Humberto Rodrigues *et al.* Caracterização morfológica, uso e cobertura do solo da microbacia hidrográfica do Córrego Chororó, no estado do Paraná, Brasil. Cuadernos de Educación y Desarrollo, v. 15, n. 10, p. 10268–10286, 2023.

MACEDO, Humberto Rodrigues *et al.* Use of geotechnologies to promote the sustainable expansion of fish farming: an analysis for the municipality of Chopinzinho, Brazil. Concilium, 2024.

MARINHO, Ana Rízia Nascimento *et al.* Análise morfométrica, uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do Rio Tatuí, Brasil. Observatorio de la Economía Latinoamericana, v. 22, n. 6, e5119, 2024.

MARINHO, C. C.; FONSECA, A. L. S.; ESTEVES, F. A. Impactos antrópicos nas lagoas costeiras do norte do estado do Rio de Janeiro: uma revisão sobre a eutrofização artificial e gases de efeito estufa. Revista Brasileira de Pós-Graduação, Brasília, v. 13, n. 32, p. 703–728, 2016.

PANZERA, Nicole *et al.* Santa Quitéria River micro-watershed: an analysis of nutrient inputs from excavated ponds used for fish farming. Concilium, 2024.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS Geographic Information System. [S. l.]: Open Source Geospatial Foundation Project, 2021. Disponível em: https://qgis.org/. Acesso em: 31 jul. 2026.

RIOS, Beatriz *et al.* Investigação geotecnológica para otimizar a piscicultura em uma microbacia hidrográfica neotropical. Observatorio de la Economía Latinoamericana, v. 22, n. 4, e4221, 2024.

SILVA MORSOLETO, Felipe Misael da *et al.* Análise da microbacia hidrográfica do Rio Arroio Fundo como possível aplicação em viveiros escavados para a piscicultura. Research, Society and Development, v. 11, n. 6, e60029191, 2022.

SILVA MORSOLETO, Felipe Misael da *et al.* Caracterização da morfometria da microbacia hidrográfica do Rio Cavernoso: subsídios para o planejamento sustentável da piscicultura. Caderno Pedagógico, v. 20, n. 3, p. 1280–1295, 2023.

SMITH, Val H.; TILMAN, George D.; NEKOLA, John C. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. Environmental Pollution, Amsterdam, v. 100, n. 1–3, p. 179–196, 1999. DOI: 10.1016/S0269-7491(99)00091-3.

SOUZA, Carlos M. *et al.* Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and Earth Engine. Remote Sensing of Environment, Amsterdam, v. 232, art. 111301, 2019. DOI: 10.1016/j.rse.2019.111019.

TARBOTON, David G. A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. Water Resources Research, Washington, DC, v. 33, n. 2, p. 309–319, 1997. DOI: 10.1029/96WR03137.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. EarthExplorer. Reston: USGS, 2021. Disponível em: https://earthexplorer.usgs.gov/. Acesso em: 31 jul. 2026.

VIDAL, T. F.; NETO, J. C. Dinâmica de nitrogênio e fósforo em reservatório na região semiárida utilizando balanço de massa. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 18, n. 4, p. 402–407, 2014.

WERNECK, Pedro Rondon *et al.* Analysis of the physical and morphological aspects of a hydrographic watershed with critical areas for the use of water resources, Brazil. Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 18, n. 12, p. 1–18, 2024.

WERNECK, Pedro Rondon *et al.* Caracterização da microbacia do Rio Branco e análise das unidades de produção piscícolas através do uso de geotecnologias. Observatorio de la Economía Latinoamericana, v. 21, n. 5, p. 2749–2773, 2023.