

ESTUDO INTEGRADO DA PAISAGEM: ANÁLISE AMBIENTAL E MORFOMÉTRICA DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PASSO DO CUÊ, PARANÁ III

INTEGRATED LANDSCAPE STUDY: ENVIRONMENTAL AND MORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE PASSO DO CUÊ RIVER MICRO-WATERSHED, PARANÁ III

ESTUDIO INTEGRADO DEL PAISAJE: ANÁLISIS AMBIENTAL Y MORFOMÉTRICO DE LA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PASSO DO CUÊ, PARANÁ III



10.56238/revgeov16n5-193

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>

Pedro Rondon Werneck

Doutorando 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/0000-0001-8729-5259>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5293699847807939>

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: Analice.t.araujo@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-4765-4186>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7564288500948998>

Humberto Rodrigues Macedo

Doutor em Ciências
Instituição: Instituto Federal do Tocantins (IFTO)

E-mail: humberto.macedo@ifto.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6703-653X>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5443168973078313>

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

As bacias hidrográficas representam a principal unidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos no Brasil, sendo essenciais para a conciliação entre os usos múltiplos da água e a conservação ambiental. Este estudo teve como objetivo caracterizar a microbacia hidrográfica do rio Passo do Cuê (PR), por meio da análise de aspectos físicos, morfométricos, uso e ocupação do solo, mapeamento e classificação das pisciculturas, além da estimativa do aporte de nutrientes associado à atividade aquícola. Para isso, foram utilizadas geotecnologias para a delimitação da microbacia e dos viveiros escavados, bem como análises hidrológicas realizadas no software Geographic Information System (QGIS®). A microbacia apresenta relevo suavemente ondulado e predominância de Latossolo Vermelho (98,56%), com destaque para o cultivo da soja (52,28%) no uso do solo. Foram identificados 207 viveiros escavados, totalizando 63,75 hectares, com predominância de viveiros pequenos (147 unidades, 71,01%), que ocupam 21,19 hectares. Viveiros médios somaram 40 unidades (19,32%) e 15,71 hectares, enquanto os grandes, embora em menor número (20 unidades, 9,67%), concentraram a maior área: 26,85 hectares. Estimou-se um aporte anual de 129,23 toneladas de nitrogênio (N) e 15,66 toneladas de fósforo (P) provenientes da piscicultura comercial. Os parâmetros morfométricos indicaram baixa suscetibilidade a enchentes e bom potencial de infiltração. Observou-se que a piscicultura contribui com nutrientes para o corpo hídrico, com potencial de eutrofização. Os resultados destacam a importância da adoção de práticas de manejo sustentável para mitigar os impactos sobre a qualidade da água e os ecossistemas aquáticos locais.

Palavras-chave: Aporte de Nutrientes. Geoprocessamento. Piscicultura.

ABSTRACT

Watersheds represent the main unit for water resource planning and management in Brazil, being essential for reconciling multiple water uses with environmental conservation. This study aimed to characterize the Passo do Cuê River micro-watershed (Paraná State, Brazil) through the analysis of physical and morphometric aspects, land use and land cover, mapping and classification of fish farms, as well as the estimation of nutrient inputs associated with aquaculture activity. Geotechnologies were employed to delineate the micro-watershed and excavated ponds, along with hydrological analyses performed using the Geographic Information System software (QGIS®). The micro-watershed presents a gently undulating relief and predominance of Red Latosol (98.56%), with soybean cultivation being the main land use (52.28%). A total of 207 excavated ponds were identified, covering 63.75 hectares, with a predominance of small ponds (147 units, 71.01%) occupying 21.19 hectares. Medium-sized ponds accounted for 40 units (19.32%) and 15.71 hectares, while large ponds, although fewer in number (20 units, 9.67%), concentrated the largest area, totaling 26.85 hectares. The annual nutrient load from commercial fish farming was estimated at 129.23 tons of nitrogen (N) and 15.66 tons of phosphorus (P). The morphometric parameters indicated low susceptibility to flooding and good infiltration potential. The results showed that fish farming contributes nutrients to the water body, with potential for eutrophication. These findings highlight the importance of adopting sustainable management practices to mitigate impacts on water quality and local aquatic ecosystems.

Keywords: Nutrient Input. Geoprocessing. Fish Farming.



RESUMEN

Las cuencas hidrográficas representan la principal unidad de planificación y gestión de los recursos hídricos en Brasil, siendo esenciales para conciliar los usos múltiples del agua con la conservación ambiental. Este estudio tuvo como objetivo caracterizar la microcuenca hidrográfica del río Passo do Cuê (PR), mediante el análisis de aspectos físicos, morfométricos, uso y ocupación del suelo, mapeo y clasificación de las pisciculturas, además de la estimación del aporte de nutrientes asociado a la actividad acuícola. Para ello, se utilizaron geotecnologías para la delimitación de la microcuenca y de los estanques excavados, así como análisis hidrológicos realizados en el software Geographic Information System (QGIS®). La microcuenca presenta un relieve suavemente ondulado y predominancia de Latosol Rojo (98,56%), con destaque para el cultivo de soya (52,28%) en el uso del suelo. Se identificaron 207 estanques excavados, totalizando 63,75 hectáreas, con predominancia de estanques pequeños (147 unidades, 71,01%) que ocupan 21,19 hectáreas. Los estanques medianos sumaron 40 unidades (19,32%) y 15,71 hectáreas, mientras que los grandes, aunque en menor número (20 unidades, 9,67%), concentraron la mayor área: 26,85 hectáreas. Se estimó un aporte anual de 129,23 toneladas de nitrógeno (N) y 15,66 toneladas de fósforo (P) provenientes de la piscicultura comercial. Los parámetros morfométricos indicaron baja susceptibilidad a inundaciones y buen potencial de infiltración. Se observó que la piscicultura contribuye con nutrientes al cuerpo hídrico, con potencial de eutrofización. Los resultados destacan la importancia de adoptar prácticas de manejo sostenible para mitigar los impactos sobre la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos locales.

Palabras clave: Aporte de Nutrientes. Geoprocesamiento. Piscicultura.



1 INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas são reconhecidas como a principal unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e para a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), conforme estabelecido pela Lei nº 9.433 (Brasil, 1997). Essa legislação define a bacia como a unidade físico-territorial adequada para o planejamento e a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos. Sua relevância é amplamente destacada em diferentes contextos, abrangendo áreas urbanas, industriais, agropecuárias e de preservação ambiental, visto que todas dependem diretamente dos recursos hídricos para suas manutenções (Tucci; Mendes, 2006; Costa et al., 2016). Nesse cenário, o Capítulo III da Instrução Normativa nº 51/2025 assume papel fundamental na ordenação ambiental e hídrica dos empreendimentos aquícolas no Estado do Paraná, especialmente no que se refere à localização desses empreendimentos em bacias hidrográficas, à exigência de outorga para uso dos recursos hídricos e à racionalização do controle desses usos (Paraná, 2025), reforçando a importância da gestão territorial integrada no contexto da aquicultura.

A aquicultura consolida-se também como uma atividade em crescente destaque na utilização dos recursos hídricos (SEBRAE, 2015), cujo sucesso produtivo é diretamente dependente da qualidade e disponibilidade de água. Contudo, quando praticada de forma não sustentável, essa atividade pode gerar impactos significativos na bacia hidrográfica, como a alteração da qualidade da água e a degradação de ecossistemas aquáticos (Leite et al., 2024). Diante da crise hídrica e das diretrizes técnicas estabelecidas no âmbito estadual, o Paraná adotou medidas restritivas à expansão dos usos dos recursos hídricos. A Resolução nº 42/2024 (Paraná, 2024) instituiu o bloqueio de novas outorgas em diversas áreas críticas do estado, totalizando atualmente 64 pontos de bloqueio. Entre eles, destaca-se a bacia hidrográfica do Rio Azul, cuja outorga foi suspensa devido à demanda hídrica superar a disponibilidade outorgável. Nessa bacia, a aquicultura responde por 73,31% da vazão concedida (Suwa et al., 2023), evidenciando o forte impacto do setor sobre os recursos hídricos locais. Outro exemplo relevante é a microbacia do Rio Açu, declarada área crítica por meio da Portaria nº 245/2021 (Paraná, 2021). Nessa região, atividades como a agropecuária e a piscicultura têm elevado significativamente a carga de nutrientes nos corpos d'água, intensificando o processo de eutrofização (Luiz Junior et al., 2024).

Diante desse cenário, torna-se evidente a necessidade de estudos científicos aprofundados para embasar avaliações socioambientais e garantir o uso sustentável desses corpos hídricos, especialmente quando destinados à produção aquícola (Henry-Silva et al., 2022). Nesse contexto, o uso integrado de sensoriamento remoto e geoprocessamento desponta como uma ferramenta estratégica no monitoramento ambiental, possibilitando a identificação de áreas críticas e a análise das pressões antrópicas sobre os recursos hídricos (Gama et al., 2021). Além de trazer vantagens importantes como a capacidade de cobrir áreas extensas em diferentes regiões, agilidade na atualização das informações



e redução dos custos em relação à inspeção de campo direta (São José et al., 2022). Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo caracterizar a microbacia hidrográfica do rio Passo Cuê, considerando a influência da piscicultura e a estimativa do aporte de Nitrogênio Total e Fósforo Total, de forma a compreender seus efeitos sobre a qualidade ambiental e a manutenção dos ecossistemas locais.

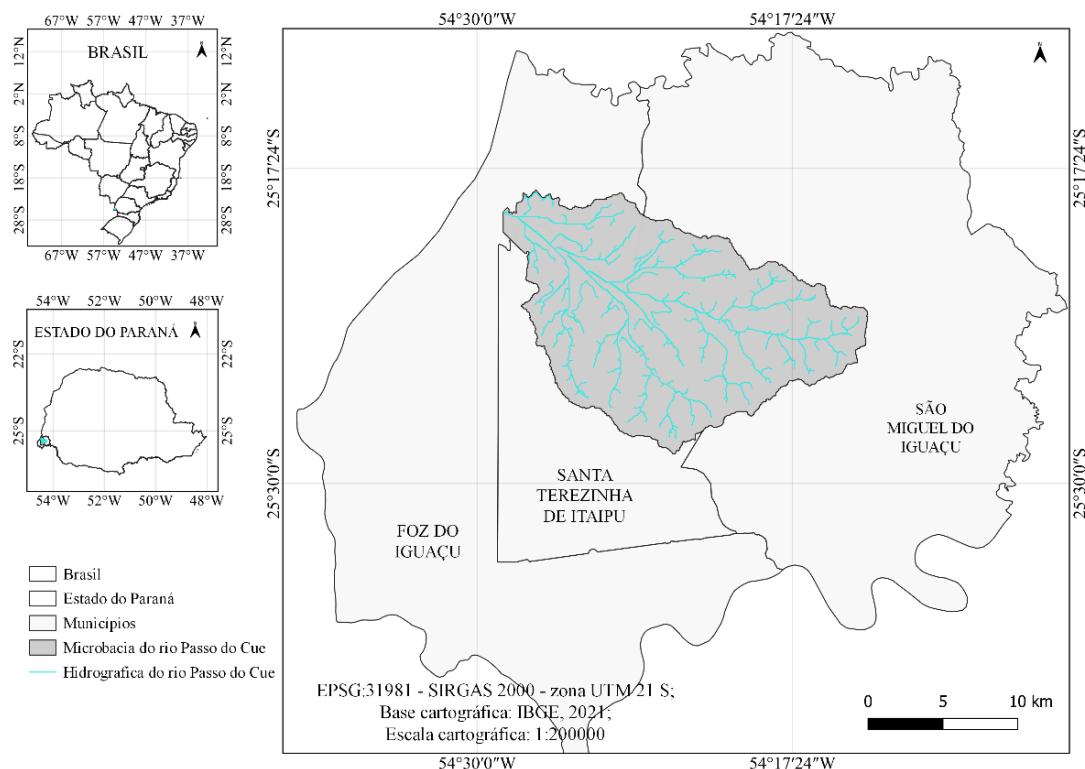
2 METODOLOGIA

2.1 LOCAL DE ESTUDO

A microbacia hidrográfica do rio Passo do Cuê é parte integrante da bacia hidrográfica do paraná 3 e localiza-se entre os municípios de Foz do Iguaçu, Santa Terezinha do Itaipu e São Miguel do Iguaçu. Estes municípios localizam-se na região extremo oeste do estado do Paraná, como observado na Figura 1. A microbacia possui sua nascente no município de São Miguel do Iguaçu, com cota de máxima de 357 metros e seu exutório localiza-se ao lado da hidrelétrica de Itaipu Binacional, no município de Foz do Iguaçu. Esta região possui clima subtropical úmido, correspondendo ao clima Cfa, com média de temperatura de 22 C segundo Kppen-Geiger (1936).



Figura 1. Localização demográfica da microbacia hidrográfica do rio Passo do Cuê, Paraná III, extremo oeste do Paraná, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

2.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PASSO DO CUÊ

Para a caracterização física da microbacia, foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE), com resolução espacial de 30 metros. O arquivo *raster* correspondente foi obtido por meio da plataforma da *United States Geological Survey* (USGS, 2021). Realizou-se o pré-processamento do MDE com o algoritmo *r.fill.dir* para corrigir irregularidades topográficas e inconsistências hidrológicas, considerando como exultório principal o ponto próximo ao reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional. Foram demarcadas as áreas de contribuição das bacias e seus respectivos fluxos hidrológicos, por meio do ambiente computacional *Geographic Resources Analysis Support System* (GRASS GIS). Utilizou-se o algoritmo *r.watershed* para gerar a rede de drenagem e os canais principais da microbacia, em seguida, a delimitação das bacias foi realizada com o *r.water.outlet* e convertida para formato vetorial pelo *r.to.vect*, conforme Da Silva Morsoleto et al. (2023). Ressalta-se que todos os algoritmos empregados para as etapas de delimitação e análise hidrológica são nativos da plataforma QGIS® (QGIS Development Team, 2021).

2.3 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PASSO DO CUÊ

A caracterização da microbacia hidrográfica associada ao rio Passo do Cuê foi estruturada com base em três parâmetros fundamentais: declividade e hipsometria, tipos de solos, e uso e ocupação do



solo. Para a geração dos modelos altimétricos de declividade e hipsometria foi utilizado o software QGIS® versão 3.22.14 do (QGIS Development Team, 2021). As análises foram conduzidas com o suporte do algoritmo *r.report*, integrante do módulo GRASS GIS, conforme as metodologias descritas por Macedo et al. (2023) e Werneck et al. (2023). A classificação dos tipos de solos foi realizada com base em dados vetoriais disponibilizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), na escala cartográfica de 1:250.000. Os procedimentos adotaram as abordagens metodológicas de Francisco et al. (2019) e Silva Morsoleto et al. (2023), com os cálculos sendo efetuados por meio da ferramenta de calculadora de atributos disponível no ambiente QGIS. A análise referente ao uso e ocupação do solo foi fundamentada em dados no formato *raster*, obtidos por meio da plataforma MapBiomas (MapBiomas Project, 2022), os quais apresentam escala de 1:100.000 e resolução espacial compatível de 30 metros. O processamento dessas informações também se deu com o emprego do algoritmo *r.report*, ferramenta nativa do módulo GRASS incorporado ao QGIS.

2.4 CÁLCULOS MORFOLÓGICOS E ÍNDICES MORFOMÉTRICOS DA MICROBACIA HIDROGRAFICA DO RIO PASSO DO CUÊ

Para a obtenção dos cálculos morfológicos e índices morfométricos, utilizou-se a calculadora de atributos presente na tabela de atributos dos arquivos *shapefile*. Foram determinados, para a microbacia, parâmetros como área, perímetro, comprimento do rio principal e extensão dos canais, foram calculados o Coeficiente de Compacidade (K_c), Índice de Circularidade (I_c), Razão do Alongamento (E_r), Fator de Forma (F), Densidade de Drenagem (D_d), Índice de Sinuosidade (I_s), Tempo de Concentração (T_c). Os resultados desses índices estão organizados na Tabela 1, em consonância com a metodologia descrita por Luiz Junior et al. (2024).



Tabela 1. Índices morfométricos, fórmulas, descrição e valores de referências utilizados na microbacia rio Passo do Cuê, extremo oeste do Paraná, Brasil.

Índice e descrição	Fórmula	Descrição dos itens da fórmula
Kc – Coeficiente de Compacidade	$Kc = 0,28 * \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right)$	P: Perímetro da Bacia (m); A: Área da Bacia (m ²)
F – Fator de Forma	$F = \frac{A}{E^2}$	A: Área da Bacia (m ²); E: Comprimento do Eixo da Bacia (m)
Ic – Índice de Circularidade	$Ic = \frac{12,57 * A}{p^2}$	A: Área da Bacia (m ²); P: Perímetro da Bacia (m)
DD - Densidade de Drenagem	$Dd = \frac{Lt}{A/1000}$	Lt: Comprimento da rede de Drenagem (km); A: Área da Bacia (km ²)
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	$Is = \frac{100 * (L - Lr)}{L}$	L: Comprimento do rio principal (m); Lr: Comprimento do talvegue do rio principal (m)
Er - Razão do Alongamento	$Er = 1,128 * \frac{\sqrt{A}}{E}$	A: Área da bacia (m ²); E: Comprimento do eixo da bacia (m)
Rr - Relevo Relativo	$Rv = \frac{H}{P}$	P: perímetro da bacia (m); H: amplitude altimétrica (m)

Fonte: Da Silva Morsoleto et al., 2023.

2.5 DELIMITAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO DOS VIVEIROS ESCAVADOS E ESTIMATIVA DO APORTE DE NITROGÊNIO E FÓSFORO TOTAIS DAS PISCICULTURAS

A vetorização, classificação e a quantificação dos viveiros escavados situados na bacia hidrográfica do rio Passo Cuê foram realizadas a partir de imagens de alta resolução do Google Earth®, empregando-se o algoritmo disponível no plugin QuickMapServices do QGIS®, em escala de 1:600. O processo de classificação seguiu as metodologias propostas por Francisco et al. (2019) e Da Silva Morsoleto et al. (2024).

Os cálculos referentes ao Nitrogênio Total (NT) e ao Fósforo Total (PT) residuais no ambiente, bem como os volumes incorporados como efluentes provenientes do cultivo, foram realizados conforme Coldebella et al. (2020). Para esse cálculo, consideraram-se a área de cultivo e a biomassa associada aos viveiros mapeados. A densidade de estocagem adotada foi de 5 kg de peixes por metro quadrado de lâmina d'água. Na Tabela 2 estão apresentados os valores de referência utilizados para os cálculos de NT e PT, organizados segundo suas respectivas classes e fases de produção (Coldebella et al., 2020).



Tabela 1. Classes e valores de referências dos viveiros escavados para estimativas do aporte de Nitrogênio e Fósforo.

Classes	Tamanho (m ²)	Valores de referência			
		Criação		Despesca	
		Nitrogênio (ton./ha)	Fósforo (ton./ha)	Nitrogênio (ton./ha)	Fósforo (ton./ha)
I	300 – 3.000	2.047,70	261,91	54,59	16,47
II	3.001 – 6.000	1.951,05	197,30	120,49	26,11
III	>6.001	2.055,85	260,99	81,56	12,18

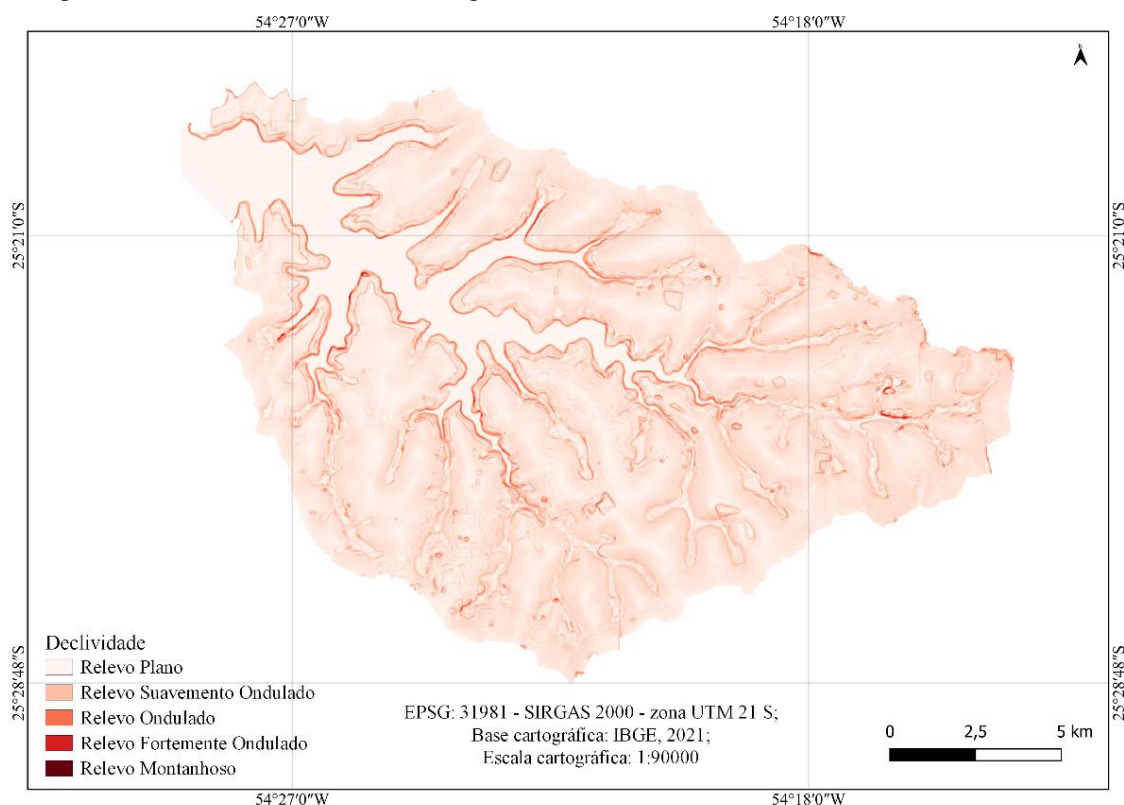
Fontes: Adaptado de Coldebella et al., 2020.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E NATURAL DA MICROBACIA DO RIO PASSO DO CUÊ

O mapa de declividade da microbacia do rio Passo do Cuê (Figura 2) evidencia a predominância de relevos suavemente ondulados, caracterizados por baixa inclinação. A paisagem é composta por um gradiente de classes, que avança de áreas planas nas planícies aluviais para regiões onduladas e fortemente onduladas nas encostas e porções intermediárias.

Figura 2. Mapa de declividade da microbacia hidrográfica rio Passo do Cuê, Paraná III, extremo oeste do Paraná, Brasil.

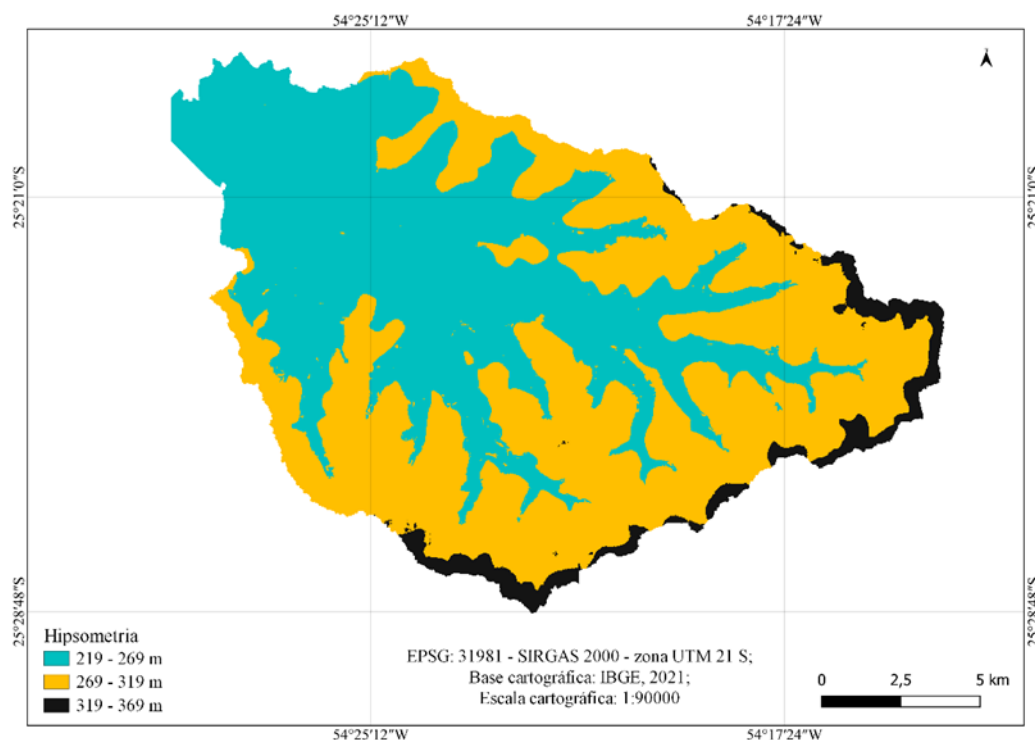


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A microbacia do rio Passo do Cuê apresenta amplitude de 138 metros, sua cota mínima é de 219 metros, cota média de 288,23 metros e cota máxima é de 357,46 metros representado na Figura 3, caracterizando um relevo suavemente ondulado. A maior parte da área situa-se na faixa de 219–269 m, correspondente ao trecho inferior da bacia, onde se encontra o braço principal do rio. Guerra (2015), elucida que essa distribuição altimétrica indica que a maior porção da microbacia está em regiões de

menor declividade, favorecendo a acumulação de sedimentos e a formação de áreas de planície fluvial adjacentes ao curso d'água, enquanto as elevações mais altas, entre 270 m e 360 m, correspondem às encostas e áreas de drenagem mais rápida.

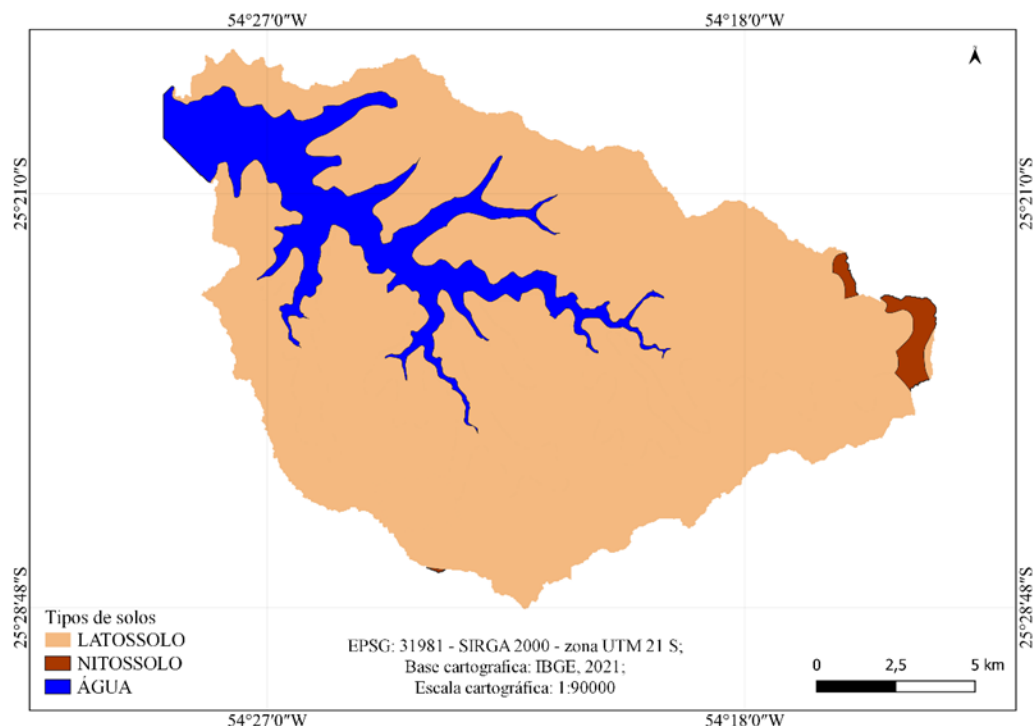
Figura 3. Mapa hipsométrico da microbacia hidrográfica rio Passo do Cuê, Paraná III. Região extremo oeste do Paraná, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Observou-se na microbacia do rio Passo do Cuê, predominância do tipo de solo Latossolo Vermelho com 23.716,99 ha (98,56 %). Esse tipo de solo é amplamente distribuído no estado do Paraná, onde representa aproximadamente 31% da área total do território estadual (Bhering et al., 2009). Caracterizado por alta profundidade, boa drenagem e baixa fertilidade natural (Tullio et al., 2019), o que reforça a necessidade de práticas de manejo adequadas para manutenção da produtividade aquícola. Identificou-se ainda uma pequena porção de Nitossolo Vermelho, com área 345,28 há (1,44%), esse por vez tem maior fertilidade relativa, mas de ocorrência restrita na área (Figura 4). Essa configuração natural do solo sugere que a dinâmica de retenção e liberação de nutrientes no sistema hídrico é fortemente influenciada pelo Latossolo, tornando o manejo da calagem e da adubação ainda mais relevante para evitar desequilíbrios ambientais (Tullio et al., 2019).

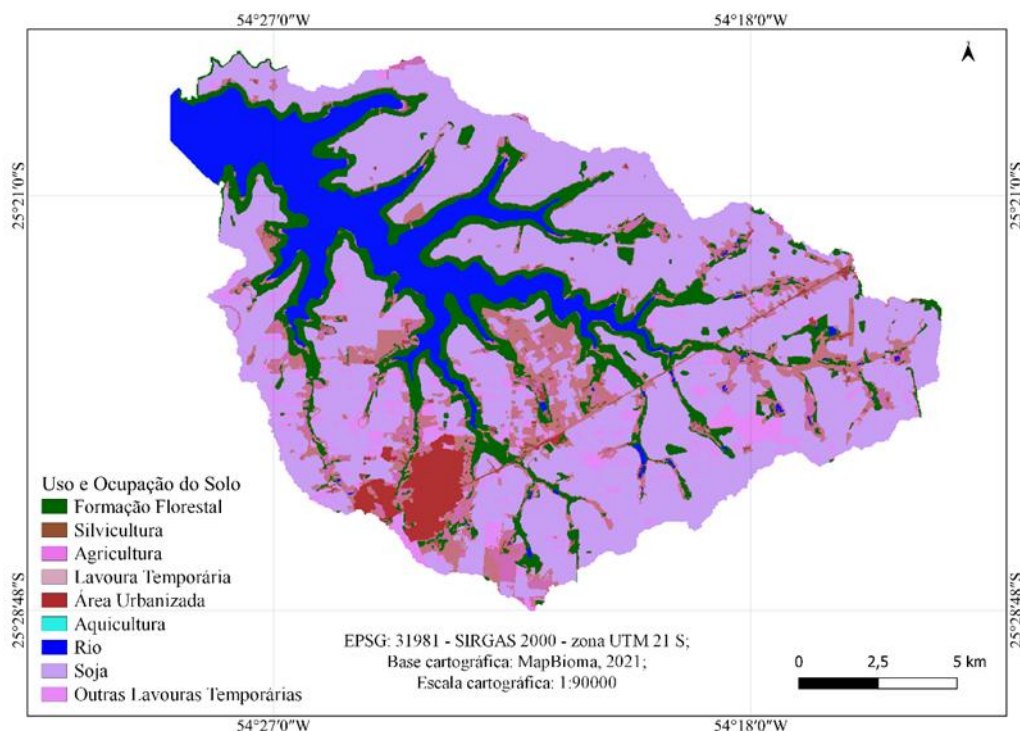
Figura 4. Mapa dos tipos de solos da microbacia hidrográfica rio Passo do Cuê, Paraná III. Região extremo oeste do Paraná, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

O uso e ocupação do solo da microbacia do rio Passo Cuê (Figura 5) são majoritariamente representados pelo uso agrossilvipastoris, o qual ocupa 69,5% da área total. Dentre as culturas, a soja se destaca como a mais expressiva, correspondendo a 52,28% da área da microbacia. A categoria de formação florestal, por sua vez, ocupa uma fatia considerável de 14,69% do território. Entretanto, um estudo anterior realizado por Vagner e Magalhães (2017) mapeou uma cobertura florestal mais significativa de 22,97%. A comparação entre os dados evidencia, portanto, uma redução de aproximadamente 8,28% na formação florestal em um intervalo de oito anos.

Figura 5. Mapa com uso e ocupação dos solos na microbacia hidrográfica do rio Passo do Cuê, Paraná III. Região extremo oeste do Paraná, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

3.2 ASPECTOS MORFOLÓGICOS E MORFOMÉTRICOS DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PASSO DO CUÊ

A microbacia do rio Passo do Cuê abrange uma área de 27693 km², com um comprimento do canal principal de 3.574,11 metros e uma extensão total dos canais de 295.791,48 metros. A análise dos índices morfométricos revelou um fator de forma (Kc) de 1,55, um índice de circularidade (Ic) de 0,41, uma razão de alongação (Er) de 0,72 e um coeficiente de compacidade (F) de 0,4, observados na **Erro! Fonte de referência não encontrada..** Tais valores indicam que a microbacia possui uma forma alongada, o que, segundo Dornellas (2020), sugere uma baixa propensão a enchentes. Esses achados corroboram com resultados similares obtidos por Werneck et al. (2023) para a bacia do rio Branco.

A densidade de drenagem (Dd) de 1,07 km/km² é classificada como baixa. Conforme proposto por Vale et al. (2021), este valor indica um baixo escoamento superficial e uma maior predominância de infiltração de água no solo, um resultado equivalente ao descrito por Panzera et al. (2025) para o rio Melissa. O índice de sinuosidade do canal principal, calculado em 24,86, classifica-o como retilíneo (Romero et al., 2017), característica também observada no rio Baiano (Araujo et al., 2025a). Por fim, o tempo de concentração da bacia foi estimado em 8 horas, parâmetro este influenciado por uma conjunção de fatores, como densidade de drenagem, sinuosidade, tipo de solo, hipsometria e declividade.



Tabela 3. Valores dos índices morfométricos, fórmulas, descrição e valores de referências utilizados na microbacia rio Passo do Cuê, extremo oeste do Paraná, Brasil.

Índice Morfométrico	Resultado
Kc	1,55
F	0,40
Ic	0,41
Dd	1,07
Is	24,86
Er	0,72
Tc	8 horas

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

3.3 CLASSIFICAÇÃO DOS VIVEIROS ESCAVADOS E ESTIMATIVA DO APORTE DE NITROGÊNIO E FÓSFORO TOTAIS DAS PISCICULTURAS

Foram mapeados 207 viveiros escavados na área de estudo, conforme ilustrado na Figura 6, os quais totalizaram uma área de 63,75 hectares, observou-se uma nítida concentração das pisciculturas nas proximidades de rodovias e estradas federais (BRs), o que facilita o escoamento da produção. Na classificação dos viveiros, evidenciou-se que os viveiros pequenos (300 a 3.000 m²) representaram a maior parcela em número, com 147 unidades (71,01%), embora tenham correspondido a apenas 21,19 hectares da área total. Em seguida, os viveiros médios (3.001 a 6.000 m²) somaram 40 unidades (19,32%), ocupando 15,71 hectares. Já os viveiros grandes (> 6.001 m²) foram os menos numerosos, com 20 unidades (9,67%), porém concentraram a maior extensão de área, totalizando 26,85 hectares, demonstrados na Tabela 4. Esses resultados discorrem com o estudo realizado por Araujo et al. (2025b), que constataram que 79,55% dos empreendimentos foram classificados como de grande porte (superiores a 10.000 m² de lâmina d'água), reforçando a predominância de empreendimentos de maior escala na piscicultura de tilápia-do-Nilo no estado do Paraná. Esses resultados indicam que, apesar da predominância numérica de viveiros pequenos, a maior fração da área destinada à piscicultura está concentrada nos viveiros de grande porte.

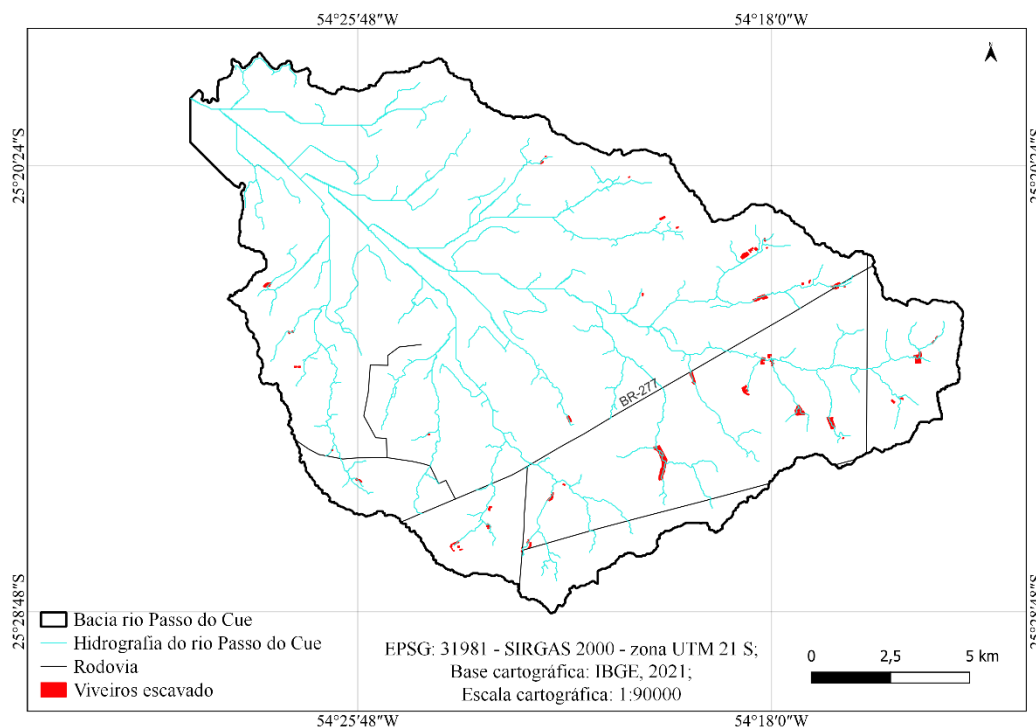
Tabela 4. Classificação e metragem dos viveiros escavados mapeados da microbacia do rio Passo do Cuê, Paraná III. Região extremo oeste do Paraná, Brasil.

Classes	Tamanho (m ²)	Nº Viveiros	% Viveiros	Área (ha)	Área %
Pequeno	300 – 3.000	147	71,01	21,19	33,24
Médio	3.001 – 6.000	40	19,32	15,71	24,64
Grande	>6.001	20	9,67	26,85	42,12
Total		207	100	63,75	100

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).



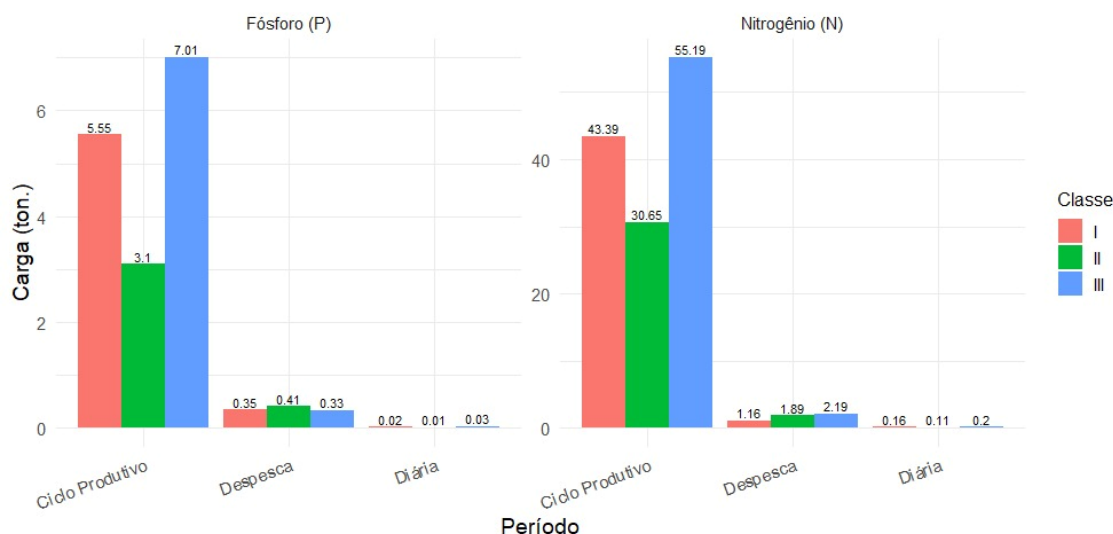
Figura 6. Mapeamento dos viveiros escavados e principais rodovias da microbacia hidrográfica do rio Passo Cuê, Paraná III. Região extremo oeste do Paraná, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Foram estimados os lançamentos de Nitrogenio Total (NT) e Fósforo Total (PT) oriundos da atividade aquícola na microbacia do rio Braço Passo do Cuê, considerando tanto a fase de criação quanto o momento de despesca (Figura 7). No total, a biomassa projetada alcançou 3.187,5 toneladas distribuídas em 63,75 hectares de viveiros.

Figura 7. Estimativa de aporte de Nitrogênio Total (NT) e Fósforo Total (PT) dos viveiros escavados mapeados na microbacia hidrográfica do rio Passo do Cuê, Paraná III, região extremo oeste do Paraná, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Os resultados indicam que, na criação diária, os aportes foram baixos (0,47 ton de NT e 0,06



ton de PT), mas ao longo do ciclo produtivo atingiram 129,23 ton de NT e 15,66 ton de PT. Na despesca, observou-se um pulso concentrado (5,24 ton de NT e 1,09 ton de PT). A Classe III concentrou os maiores aportes em função da maior biomassa, enquanto a Classe I, apesar de mais numerosa, apresentou contribuições menores. Esses resultados foram observados na microbacia do rio Melissa, onde o aporte de nitrogênio chegou a 177,86 ton durante a criação e 7,11 ton na despesca, com predominância dos viveiros de maior porte, como destacado por Panzera et al. (2025). De modo geral, os viveiros de maior dimensão responderam pelos lançamentos mais significativos de nutrientes, sobretudo no período de despesca. Conforme destacado por Chatvijitkul et al. (2018), o nitrogênio proveniente da ração é um indicador-chave da eficiência alimentar, influenciando diretamente o balanço nutricional e a sustentabilidade ambiental. O fósforo e o nitrogênio em excesso nos corpos hídricos podem provocar eutrofização e, como apontado pelo estudo de Luo (2023), pode estimular o crescimento de cianobactérias, causando até alterações indesejáveis no sabor do pescado. Portanto, o uso de rações balanceadas é fundamental para otimizar a assimilação de nutrientes, reduzir perdas e minimizar os impactos ambientais.

4 CONCLUSÃO

A microbacia do rio Passo do Cuê apresentou relevo suavemente ondulado, predominância de Latossolo Vermelho e uso intensivo do solo por atividades agrossilvipastoril, sobretudo a soja, em detrimento da cobertura florestal. Os parâmetros morfométricos indicaram baixa suscetibilidade a enchentes e maior potencial de infiltração, enquanto a piscicultura destacou-se como fonte relevante de nutrientes, especialmente no período de despesca, com alto potencial eutrofizantes para o corpo receptor. Para estudos futuros, recomenda-se o monitoramento da qualidade da água, a avaliação do impacto cumulativo da piscicultura sobre o aporte de nutrientes e a proposição de práticas de manejo integrado que conciliem produção e conservação dos recursos hídricos, principalmente focando o uso de lagoas de sedimentação de efluentes e ampliação do reúso de água na atividade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão das bolsas de estudos ao primeiro e ao segundo autor, respectivamente, as quais foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa.



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, 2025a. Doi: <https://doi.org/10.56238/arev7n1-086>.
- ARAUJO, Analice Timoteo de et al. O uso do hidróxido de cálcio $Ca(OH)_2$ na produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no estado do Paraná, Brasil. *Interference Journal*, Roma, v. 11, n. 2, p. 1407-1424, 2025b. Doi: <https://doi.org/10.36557/2009-3578.2025v11n2p1407-1424>.
- BHERING, Silvio Barge et al. Mapa de solos do estado do Paraná: legenda atualizada. 2009.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Política Nacional dos Recursos Hídricos. lei nº 9.433. Secretaria dos Recursos Hídricos, Brasília-DF, 1997.
- CHATVIJITKUL, Sirirat; BOYD, Claude E.; DAVIS, D. Allen. Nitrogen, phosphorus, and carbon concentrations in some common aquaculture feeds. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 49, n. 3, p. 477-483, 2018.
- COLDEBELLA, Anderson et al. Nitrogen and phosphorus dynamics in Nile tilapia farming in excavated rearing ponds. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 11, p. e1319119699-e1319119699, 2020.
- COSTA, Carlos Wilmer; MOSCHINI, Luiz Eduardo; LORANDI, Reinaldo. Aquisição de dados geográficos em plataformas livres para estudos ambientais em bacias hidrográficas. *Métodos e técnicas de pesquisa em bacias hidrográficas*, p. 15, 2016.
- DORNELLAS, Patricia da Conceição et al. Análise Morfométrica Da Bacia Do Alto Rio Paraíba, Região Semiárida Do Estado Da Paraíba Morphometric Analyses Of High Paraíba River Basin, Semiárid Region Of Paraíba State. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 21, n. 3, 2020.
- FRANCISCO, Humberto Rodrigues; CORRÊIA, Arlindo Fabrício; FEIDEN, Aldi. Classification of areas suitable for fish farming using geotechnology and multi-criteria analysis. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 8, n. 9, p. 394, 2019.
- GAMA, Luana Helena Oliveira Monteiro et al. Modelagem ambiental e uso de inteligência artificial para prognóstico de desmatamento: o caso da Rebio do Gurupi-MA. *Research, Society And Development*, v. 10, n. 2, pág. e13810211609-e13810211609, 2021.
- GUERRA, Antonio José Teixeira. Processos Erosivos nas Encostas. *Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos*. Bertrand Brasil, 2015.
- HENRY-SILVA, Gustavo Gonzaga et al. Economic, social, and environmental assessment of farming Nile tilapia in net-cages in a reservoir in hot semi-arid region during an extended drought event. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 29, n. 52, p. 78768-78779, 2022.
- KOPPEN, Wladimir. Das geographische System de Klimate. *Handbuch der klimatologie*, 1936.
- LEITE, Ewandelina de Moraes Folha et al. Aquicultura em reservatórios hidrelétricos no Brasil. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, v. 22, n. 1, p. 1624-1642, 2024.



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, p. e3138-e3138, 2024.

LUO, Guozhi. Review of waste phosphorus from aquaculture: Source, removal and recovery. *Reviews in Aquaculture*, v. 15, n. 3, p. 1058-1082, 2023.

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, Concilium, Brazil. 2024.

MAPBIOMAS. Relatório Anual de Cobertura e Uso da Terra do Brasil – 2022. São Paulo: MapBiomias, 2023. Disponível em: <https://alerta.mapbiomas.org/relatorio-anual-de-cobertura-e-uso-da-terra-do-brasil-2022>.

MORSOLETO, Felipe Misael Da Silva 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.

MORSOLETO, Felipe Misael Da Silva et al. Sustainable Planning Geotechnologies For Fish Farming Expansion In Small Municipalities: A Case Study Of Pato Bragado/Pr-Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 52(4). Doi: <http://Dx.Doi.Org/10.3856/Vol52-Issue4-Fulltext-3163>. 2024.

PANZERA, Nicole et al. Características morfométricas da microbacia hidrográfica do rio melissa e estimativa do aporte de nitrogênio e fósforo oriundos de viveiros escavados e piscicultura. *Revista de Geopolítica*, v. 16, n. 4, p. E664-E664, 2025.

PARANÁ. Instituto Água e Terra (IAT). Portaria IAT nº 245, de 15 de dezembro de 2021. Declara como Área Crítica a microbacia do Rio Açu, localizada noss municípios de Palotina e Terra Roxa, e estabelece diretrizes para a recuperação ambiental. *Diário Oficial do Estado do Paraná*, Curitiba, PR, 16 dez. 2021.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo. Resolução SEDEST nº 42, de 12 de setembro de 2024. Altera a Resolução SEDEST nº 25, de 03 de maio de 2024, que declara Emergência Hídrica nas Bacias Hidrográficas do Litoral e da Região Metropolitana de Curitiba, estabelece diretrizes e critérios para uso dos recursos hídricos e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Paraná*, Curitiba, PR, 13 set. 2024.

PARANÁ. Instituto Água e Terra. Instrução Normativa nº 51, de 3 de julho de 2025. Estabelece diretrizes para a ordenação ambiental e hídrica dos empreendimentos aquícolas no Estado do Paraná. Curitiba: IAT, 2025.

QGIS Development Team. Qgis Geographic Information System. Open-Source Geospatial Foundation Project, 2021.

ROMERO, Vanessa; FORMIGA, Klebber Teodomiro Martins; MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha. Estudo hidromorfológico de bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 24-33, jan.-abr. 2017. DOI: 10.5902/2179460X26411. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/26411>.



SÃO JOSÉ, F. D. et al. Mapeamento de viveiros escavados para aquicultura no Brasil por sensoriamento remoto. Brasília: DF, 2022.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Aquicultura no Brasil, série estudos mercadológicos. Unidade de Acesso a Mercados e Serviços Financeiros. Brasília/DF, 2015.

Suwa, Raquel Emi et al. Áreas críticas: Análise de disponibilidade e demanda frente ao potencial de escassez hídrica. 2023. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

TUCCI, Carlos; MENDES, Carlos André. Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica. Ministério do Meio Ambiente, Brasil, Governo Federal, 2006.

TULLIO, Leonardo et al. Formação, classificação e cartografia dos solos. Ponta Grossa, PR, 2019.

USGS – United States Geological Survey. Earthexplorer. 2021.

WAGNER, Michelle Cristine; MAGALHÃES, Vanderlei Leopold. Índice de vegetação da Bacia Hidrográfica do Passo Cuê-Oeste do PR. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 18., 2017, Santos. Anais eletrônicos [...] São José dos Campos: INPE, 2017. p. 1327-1334. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2017/trabalhos/indice-de-vegetacao-da-bacia-hidrografica-do-passo-cue-oeste-do-pr?lang=pt-br>.

VALE, Jones Remo Barbosa; DA COSTA, Leticia Soares; PIMENTEL, Márcia Aparecida da Silva. Análise da morfometria e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Mocajuba, zona costeira Amazônica. Geosul, v. 36, n. 78, p. 537-557, 2021.

WERNECK, Pedro Rondon et al. Caracterização da microbacia do rio Branco e análise das unidades de produção piscícolas, através do uso de geotecnologias. Observatório De La Economía Latinoamericana, V. 21, N. 5, P. 2749-2773, 2023.

