

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CENTRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS EXATAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS**  
**PESQUIROS E ENGENHARIA DE PESCA**

**PEDRO RONDON WERNECK**

Utilização de geotecnologia para avaliação da piscicultura na sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu, na bacia hidrográfica do Paraná 3, região oeste do Paraná

Toledo

2023

**PEDRO RONDON WERNECK**

Utilização de geotecnologia para avaliação da piscicultura na sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu, na bacia hidrográfica do Paraná 3, região oeste do Paraná

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado e Doutorado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Linha de pesquisa: Aquicultura

Orientador: Prof. Dr. Aldi Feiden

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Karen Carrilho da Silva Lira.

Toledo

2023

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Werneck, Pedro Rondon

Utilização da geotecnologia para avaliação de pisciculturas na sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu, na bacia hidrográfica do Paraná 3, região oeste do Paraná / Pedro Rondon Werneck; orientador Aldi Feiden; coorientador Karen Carrilho da Silva Lira. -- Toledo, 2023.

51 p.

Dissertação (Mestrado Profissional Campus de Toledo) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, 2023.

1. Aporte de Nitrogênio e Fósforo. 2. Produção. 3. Viveiros. I. Feiden, Aldi, orient. II. Lira, Karen Carrilho da Silva, coorient. III. Título.

# FOLHA DE APROVAÇÃO

## **PEDRO RONDON WERNECK**

Utilização de geotecnologia para avaliação da piscicultura na sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu, na bacia hidrográfica do Paraná 3, região oeste do Paraná

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado e Doutorado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

### COMISSÃO JULGADORA

---

Prof. Dr. Aldi Feiden  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

---

Prof. Dr. Darlan Roque Dapieve  
Instituto Federal do Paraná

---

Prof. Dr. Arcangelo Augusto Signor  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Aprovada em: 28 de fevereiro 2023.

Local de defesa: remota à distância, de forma síncrona e por videoconferência.

## DEDICATÓRIAS

Dedico este trabalho a meu pai Eduardo de Carvalho Werneck, minha mãe Maria Paulina Costa Rondon Werneck, meus irmãos Max Rondon Werneck e Rodrigo Rondon Werneck, a cunhada Paula Baldassin Jorge, minha sobrinha Isabel Baldassin Werneck e meu sobrinho Gustavo Baldassin Werneck.

## AGRADECIMENTOS

Nesta página muito especial deste trabalho, gostaria de agradecer a algumas pessoas, dentre as muitas que me ajudaram a realizá-lo.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Aldi Feiden;

Agradeço também a minha Coorientadora: Prof. Dra. Karen Carrilho da Silva Lira

Agradeço à Felipe Misael da Silva Morsoleto

Agradeço à Jhonatan Dilda

Agradeço à Humberto Rodrigues Macedo

Agradeço também a Ana Elisa de Farias, Suzana Raquel de Oliveira, Jéssica Nascimento, Rodrigo Novakosk.

Agradecimento à Capes pela concessão das bolsas de estudo para Pedro Rondon Werneck;

Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura – GEMAQ, da Unioeste, pelo apoio logístico e de infraestrutura.

# Utilização de geotecnologia para avaliação da piscicultura na sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu, na bacia hidrográfica do Paraná 3, região oeste do Paraná

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi de utilizar a geotecnologia na avaliação de áreas de produção aquícola e seus aportes de efluentes na sub-bacia do Arroio Guaçu. Na metodologia foram utilizados para a delimitação da área da sub-bacia Modelos Digitais de Elevação (MDE), obtidos a partir de dados do INPE, e os vetores dos municípios foram obtidos no site do IBGE. Foram utilizados os algoritmos do programa QGIS, tais como r.fill.dir, OpenStreetMap, r.watershed e r.water.outlet. Foram realizados vários cálculos morfométricos da área da sub-bacia. Os viveiros foram divididos em quatro classes, I de 300 a 3.000 m<sup>2</sup>, II entre 3.001 e 6.000 m<sup>2</sup>, entre 6.001 e 10.000 m<sup>2</sup> e IV superiores a 10.001 m<sup>2</sup>. Foram feitos também cálculos de uso e ocupação do solo, altimetria, declividade e ordenação dos cursos de rios, além das estimativas de cálculos de aporte de nitrogênio e fósforo. Os resultados morfométricos indicam uma área de 1.186,02 km<sup>2</sup>, a sub-bacia é excepcionalmente bem drenada, possuindo um baixo risco de ocorrência de grandes enchentes seus canais são sinuosos. As classes de viveiros demonstram que existem 750,70 ha de lâmina de água, totalizando 2542 viveiros, sendo que a maioria era da classe I com 237,20 ha de lâmina de água com 1723. Já as estimativas de aportes de Nitrogênio total e fósforo total durante a criação foi de respectivamente de 1.524,966,02 kg e 186,160,00 kg e durante a despesca foi de respectivamente 60.917,81 kg e 12.344,63 kg. Conclui-se que os dados obtidos neste trabalho podem auxiliar os gestores tanto públicos como privados, para a melhor organização e gestão dos recursos hídricos e do solo da área da sub-bacia do Arroio Guaçu.

**Palavras chaves:** Aporte de Nitrogênio e Fósforo, Produção e Viveiros.

## Use of geotechnologies for fish farming evaluation in the Arroio Guaçu sub-basin, in the Paraná 3 basin, western's Paraná State

### *ABSTRACT*

The objective of this work was to use geotechnology in the evaluation of aquaculture production areas and their input of effluents in the Arroio Guaçu sub-basin. In the methodology, Digital Elevation Models (MDE) were used for the delimitation of the sub-basin area, obtained from INPE data, and the municipal vectors were obtained from the IBGE website. Algorithms from the QGIS program were used, such as `r.fill.dir`, `OpenStreetMap`, `r.watershed` and `r.water.outlet`. Several morphometric calculations of the sub-basin area were performed. The fish ponds were divided into four classes, I between 300 to 3,000 m<sup>2</sup>, II between 3,001 and 6,000 m<sup>2</sup>, III between 6,001 and 10,000 m<sup>2</sup> and IV greater than 10,001 m<sup>2</sup>. Calculations of land use, occupation, altimetry, slope and ordering of river courses were also made, in addition to estimates of nitrogen and phosphorus contribution calculations. The morphometric results indicate an area of 1,186.02 km<sup>2</sup>, the sub-basin is exceptionally well drained, with a low risk of occurrence of major floods, its channels are sinuous. The classes of ponds show that there are 750.70 ha of water depth, totaling 2542 ponds, most of which were class I with 237.20 ha of water depth with 1.723. Estimates of total nitrogen and total phosphorus inputs during rearing were respectively 1,524,966.02 kg and 186,160.00 kg and during harvesting were respectively 60,917.81 kg and 12,344.63 kg. It is concluded that the data obtained in this work can help both public and private managers, for the better organization and management of water and soil resources in the Arroio Guaçu sub-basin area.

**Keywords:** Fish Ponds, Nitrogen and Phosphorus Contribution e Production.



## Sumário de Figuras

Figura 1: Mostra a localização da sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu.....	18
Figura 2: Imagem demonstrando as demarcações de áreas de lâminas d'água, dos viveiros escavados na sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu. Fonte: Imagem Google Satellite.....	19
Figura 3: Mapa da delimitação e da hidrografia da sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu.	27
Figura 4: Mapa da Delimitação, hidrografia e das malhas viárias da sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu .....	29
Figura 5: Ordens de Strahler, para cada canal de drenagem da sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu. Fonte: Elaborado pelos autores. ....	32
Figura 6: Mostra as diferenças de declividades da sub-bacia do Arroio Guaçu. Fonte: Elaborado pelos autores. ....	33
Figura 7: Localização dos viveiros escavados na sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu. Fonte: Elaborado pelos autores.....	35

## Sumário de Tabelas

Tabela 1:Classes de relevos em função do percentual de declividade. ....	20
Tabela 2:Demonstra os fatores Interpretação ambiental da sub-bacia hidrográficas. ....	22
Tabela 3:Densidade de drenagem e sua interpretação.....	23
Tabela 4:Índices de sinuosidade de bacias hidrográficas .....	23
Tabela 5: Mostra os valores de referência da razão de alongamento e sua interpretação .....	24
Tabela 6: Mostra os valores de referência para os cálculos de aporte de nutrientes, classes e fases de produção.....	25
Tabela 7: Mostra os resultados morfológicos e morfométricos da sub-bacia do Arroio Guaçu .....	31
Tabela 8: Classificação e quantificação de viveiros escavados.....	34
Tabela 9: Resultados obtidos para Nitrogênio e Fósforo para uma área de um hectare.....	38
Tabela 10: Resultados obtidos para Nitrogênio e Fósforo para as áreas classes da sub-bacia.	39

## Sumário de Equações

Equação 1	$F = AL^2$ .....	21
Equação 2	$Kc = 0,28 PA$ .....	21
Equação 3	$Ic = 12,57 * AP^2$ .....	22
Equação 4	$Dd = LtA$ .....	22
Equação 5	$Is = 100 * (L - Lr)L$ .....	23
Equação 6	$Er = 1,128 * AE$ .....	24
Equação 7	$Tc = 57 * (L3H)0,385$ .....	24
Equação 8	$Rv = HP$ .....	24

## **Lista de Siglas**

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias

SIG – Sistema de Informação Geográfica

MDE – Modelo Digital de Elevação

mg/L – Miligrama por litro

m<sup>2</sup> - Metro quadrado

n<sup>o</sup> - Número

- - Negativo

° - Graus

Cfa – Clima subtropical úmido

° C - Graus Celsius

' – Minutos

mm - milímetro

S – Sul

O – Oeste

W – Leste

% - Porcentagem

A - Área da bacia

P - Perímetro da bacia

E - Comprimento axial da bacia

L - Comprimento do curso principal

Lr - Comprimento vetorial entre os extremos do curso principal

Lt - Comprimento total dos cursos da bacia

Kf - Fator de forma

Dd - Densidade de drenagem

Is - Índice de sinuosidade

Er - Razão de alongamento

Tc - Tempo de concentração

Rrl - Razão relevo relativo

Ic - Índice de circularidade

Kc - Coeficiente de compacidade

< - Menor

>- Maior

kg/ha – Quilograma por hectare

NT - Nitrogênio total

PT - Fósforo total

N – Nitrogênio

P – Fósforo

CO<sup>2</sup> - Dióxido de carbono

Km – Quilometro

BR – Brasil - Rodovias Federais

PR – Paraná - Rodovias Estaduais

Km<sup>2</sup> - Quilometro quadrado

ha – Hectare

kg – Quilograma

MO – Matéria Orgânica

Classe I – Viveiros de Pequeno porte

Classe II – Viveiros de Médio porte

Classe III – Viveiros de Grande porte

Classe IV – Viveiros de Muito grande porte

## Sumário

1.	Introdução .....	10
2.	Revisão Bibliográfica .....	13
3.	Objetivo .....	16
3.1.	Objetivo Geral.....	16
3.2.	Objetivo Específico.....	16
4.	Metodologia.....	17
4.1.	Local de estudo .....	17
4.2.	Obtenção e padronização de dados .....	19
4.3.	Delimitação da sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu .....	19
4.4.	Aquisição de dados utilizados com imagem do Google Earth .....	19
4.5.	Declividade do relevo da sub-bacia do Arroio Guaçu .....	20
4.6.	Ordenamento dos canais da sub-bacia do Arroio Guaçu .....	20
4.7.	Morfometria da sub-bacia do Arroio Guaçu.....	20
4.7.1.	Fator de Forma (Kf) .....	21
4.7.2.	Coefficiente de Compacidade (Kc) .....	21
4.7.3.	Índice de Circularidade (Ic) .....	22
4.7.4.	Densidade de drenagem (Dd).....	22
4.7.5.	Índice de Sinuosidade (Is).....	23
4.7.6.	Razão de Alongamento (Er).....	23
4.7.7.	Tempo de Concentração (Tc).....	24
4.7.8.	Razão de Relevo Relativo (RrL).....	24
4.8.	Cálculo de aporte de Nitrogênio Total e Fósforo Total .....	25
5.	Resultados e Discussões .....	26
6.	Conclusão .....	40
7.	Bibliografia.....	41

## 1. Introdução

As bacias hidrográficas são regiões de drenagem de seus afluentes, em direção a um rio principal, que fluem em direção ao seu exutório. A bacia hidrográfica é composta por solos rochas que juntamente com as formas de relevo determinam a dinâmica hidrológica da bacia (Servidoni, *et al.* 2021).

No Brasil, vários estudos como os desenvolvidos por Freitas (1952) e Christofolletti (1969, 1970 e 1974) tratam das características morfométricas das bacias hidrográficas. Ferramentas de geotecnologias como o sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográficas tem possibilitado a melhoria na obtenção de dados e no aprimoramento de estudos morfométricos de bacias hidrográficas (Fernandez, 2016).

A obtenção de características morfométricas de bacias hidrográficas é um importante processo nas análises de hidrologia e ambientais para buscar o entendimento das dinâmicas ambientais locais e regionais (Teodoro, *et al.* 2007). Os dados obtidos por estudos morfológicos subsidiam planejamentos de unidades de gerenciamento de território e dos recursos hídricos (Soares *et al.* 2016). A avaliação da morfometria possui diferentes aplicações no gerenciamento das bacias hidrográficas: presumir comportamentos hidrológicos (Olszewski, *et al.* 2011), constatar alterações ambientais (Alves e Castro, 2003), apoiar na organização territorial (Santos e Sobreira, 2008; Soares e Souza, 2012; Abud, *et al.* 2015), geração de dados para basear o manejo integrado de área (Rodrigues, *et al.* 2008; Coutinho, *et al.* 2011), mostrar áreas de intervenção (Aher, *et al.* 2014; Malik e Bhat, 2014; Dipak, *et al.* 2015) e fornecer subsídios para a gestão dos recursos hídricos (Andrade, *et al.* 2008; Oliveira, *et al.* 2010; Bertossi, *et al.* 2011; Moreli, *et al.* 2014).

É muito importante para as pisciculturas, que se obtenham dados e conhecimentos sobre a morfologia da região, bem como o acompanhamento da qualidade das águas e dos efluentes. Menezes, *et al.* (2014) comenta que trabalhos de morfologia e de qualidade de águas e efluentes fornecem subsídios para o auxílio na avaliação dos impactos ambientais, norteando ações de manejos necessárias.

A aquicultura é o processo produtivo de organismos aquáticos em cativeiro em seus vários momentos de desenvolvimentos. A aquicultura moderna possui três características principais: produção lucrativa, preservação do meio ambiente e desenvolvimento social (Valenti, 2002).

Os sistemas de produção piscícola podem ser extensivos, semi-intensivo, intensivo e superintensivo. A aquicultura pode ser praticada em tanques elevados, viveiros escavados, açudes, tanques-redes e *racways* (Lopes, 2012).

A produção de pescados brasileira atingiu aproximadamente 1,6 milhão de toneladas e a aquicultura contribuiu com aproximadamente 50% (IBGE, 2021). Acompanhando produção pesqueira mundial, a captura de pescados brasileiros, manteve-se estável na última década, no entanto a produção aquícola vem apresentando um incremento constante. A produção aquícola brasileira é baseada principalmente na tilápia-do-Nilo e em peixes redondos, como o tambaqui, pacu e híbridos (Valenti, *et al.* 2021).

Com o aumento na produção aquícola, é importante realizar estudos ambientais na região utilizada para fornecer subsídios para a gestão dos recursos hídricos utilizados para a atividade da aquicultura.

A sub-bacia do Arroio Guaçu localiza-se no Oeste do estado do Paraná, sendo uma das 13 sub-bacia da bacia do rio Paraná 3. A sub-bacia do Arroio Guaçu nasce no distrito de São Luiz do Oeste, município de Toledo e atravessa a área de 11 municípios da região oeste do Paraná e tem seu exutório no rio Paraná, no lago da hidrelétrica de Itaipu entre os municípios de Mercedes e Guaira (Fernandez, *et al.* 2014; Prefeitura de Quatro Pontes, 2016).

Os municípios que fazem parte da sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu obtiveram um incremento em sua produção média de 66% cuja produção é baseada na tilápia-do-Nilo (IBGE, 2021).

A eutrofização de fonte antrópica possui várias origens, dentre elas efluentes industriais, domésticos, agrícolas e de efluentes de criação de organismos aquáticos (Macedo e Sipaúba-Tavares, 2010). A eutrofização levou muitos reservatórios e lagos pelo mundo a perder as funções de abastecimento humano, manutenção da vida dos peixes além da recreação (Vidal e Neto, 2013).

As concentrações de Nitrogênio e Fósforo em pisciculturas são indicadores que demonstram grande preocupação devido a estes nutrientes serem resíduos metabólicos de peixes e das sobras das rações (Américo, *et al.* 2012).

Nitrogênio e Fósforo existentes nos rios e lagos são nutrientes de grande importância para as teias alimentares, no entanto, no caso de grandes aportes em águas superficiais e



associados às boas condições de luminosidade provocam o enriquecimento do ambiente, denominado este efeito de eutrofização (Barreto, *et al.* 2013).

## 2. Revisão Bibliográfica

A bacia hidrográfica é uma unidade ambiental, no caso brasileiro representa referência espacial territorial para finalidade de planejamento e gestão de acordo como estabelecido na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei Federal nº 9.433/97 (Vale, *et al.*, 2021).

A bacia hidrográfica é possível ser definida como meio físico passível da ação de períodos hidrológicos, este sistema ocorre basicamente pelo aporte e saída de água líquida e gasosa (evapotranspiração), por meio da precipitação e escoamento superficial, respectivamente, em direção ao seu exutório (Santos, *et al.*, 2012).

O comportamento hidrológico de bacias hidrográficas são atribuições caracterizadas por sua geomorfologia (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, dentre outros) além do tipo de vegetação (Georgin, *et al.*, 2015).

A análise morfométrica de bacias hidrográficas constitui a primeira fase de uma sequência de pesquisas relacionadas ao levantamento e gerenciamento de recursos hídricos (Fernandez, 2016).

A caracterização morfométrica de bacias hidrográficas estuda quantitativamente esses aspectos constituem um procedimento comum para a realização das análises hidrológicas ou ambientais, objetivando ambiental, esclarecer questões que estão diretamente relacionadas a compreensão da dinâmica de forma regional e também local. Assim as análises morfométricas utilizam-se de parâmetros calculados tais como densidade de drenagem, declividade, comprimento do curso d'água, coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade entre outros (Lopes, *et al.*, 2018).

O Sistema de Informação Geográfica ou (SIG) é adotado como uma boa ferramenta para redução de custos para a aquicultura porque caracteriza os ambientes aquícolas avalia seu potencial produtivo e auxilia na seleção de novas áreas aptas para aquicultura (Morsoleto, *et al.*, 2022a).

Estudar os recursos hídricos com a concepção da escala de análise de bacias hidrográficas, foi facilitado com o desenvolvimento de tecnologias e softwares de geoprocessamento, com maior ênfase nos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), originando subsídios nas tomadas de decisões de gestores e melhores atuações de diversos atores sociais com o meio ambiente (Duarte, *et al.*, 2007).

A disponibilidade e a demanda por recursos hídricos são causadores de disputas em regiões com escassez de água. Assim, entender os atributos do comportamento hidrológico permite identificar a melhor solução para os problemas associados às diferentes utilizações da água (Servidoni, *et al.*, 2021).

A aquicultura é uma atividade de grande importância, que compreende o cultivo de organismos aquáticos como peixes, crustáceos, moluscos, anfíbios, répteis além de plantas aquáticas (Silva, *et al.*, 2018).

O período que mais pode impactar o meio ambiente em relação a atividade piscícola é a despesca, especialmente quando é realizada de forma imprópria, pois grande volume de efluente é drenado dos viveiros escavados, que possuem cargas poluentes suficientes para impactos localizados (Boyd, *et al.*, 2007; Santos & Camargo, *et al.*, 2014; Coldebella, *et al.*, 2020).

A disparidade entre as quantidades de Nitrogênio total e Fósforo total introduzidas pela alimentação dos animais em relação à biomassa que será convertida em peixes, pode ter sido eliminado nos efluentes líquidos, por meio de renovações de água, durante a despesca, sendo acumulado no sedimento ou absorvido pelas algas e ou perdido durante o ciclo de produção (Coldebella, *et al.*, 2020).

Efluentes de pisciculturas podem alterar os corpos d'água, principalmente com a aplicação de rações e também pela excreção dos peixes. A quantidade de ração oferecida no período de criação tem afetado diretamente na qualidade da água, devido sua grande quantidade pode contribuir para a elevação de nutrientes no ambiente aquático (Cyrino, *et al.*, 2010).

Segundo Américo, *et al.* (2012) 13% do Nitrogênio e 66% do Fósforo liberados pela ração sofrem sedimentação, 25% do Nitrogênio e 23% do Fósforo são transformados em carne e 62% do Nitrogênio e 11% do Fósforo permanecem dissolvidos na água.

A eutrofização leva a diminuição na transparência da água, queda na concentração de oxigênio dissolvido na água e aumento de amônia (Esteves, 1998), podendo levar ao estresse de animais, morte e diminuição na produção das pisciculturas (Cyrino, *et al.*, 2010).

Os estudos de tratamento de efluentes em sistemas de bacias de sedimentação, por meio do uso de macrófitas aquáticas, podem trazer resultados positivos para a aquicultura continental no atendimento às normas vigentes, minimizando assim os impactos sobre os ecossistemas

aquáticos. Estes vegetais também são utilizados em wetlands construídas ou alagados artificiais e apresentam importante papel na remoção de nutrientes do efluente (Muzitano, et al.,2021).

Para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos e 2,18 mg/L para ambientes lóticos, na vazão de referência (Conama, 2005).

### 3. Objetivo

#### 3.1. Objetivo Geral

Uso de geotecnologia para avaliação de áreas de produção aquícola e na estimativa de aporte de nutrientes Nitrogênio e Fósforo na sub-bacia do Arroio Guaçu.

#### 3.2. Objetivo Específico

- Delimitar a Sub Bacia do Arroio Guaçu;
- Dimensionar e classificar os viveiros em classes em função do tamanho;
- Estimar os aportes de Nitrogênio e Fósforo durante a criação e a despesca.

## 4. Metodologia

### 4.1. Local de estudo

A sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu localiza-se na região oeste do estado do Paraná, pertencente a bacia do Paraná 3. Sua nascente situa-se no distrito de São Luiz do Oeste, município de Toledo nas coordenadas - 24°43'S e - 53°34'O e seu exutório localiza-se no rio Paraná, reservatório da hidrelétrica de Itaipu Binacional, entre os municípios de Mercedes e Guaira, nas coordenadas -24°22'S e -54°15' O, como demonstrado na Figura 1.

A região possui temperatura média anual que varia entre 19° C a 23° C, mês mais quente é janeiro com variação entre 23 °C a 26 °C e o mês mais frio é junho com variação entre 14 °C e 18 °C. Sua precipitação média histórica anual varia entre 1.700 mm e 2.200 mm, tem como trimestre mais chuvoso dezembro a fevereiro com média variando de 460 a 580 mm e o trimestre menos chuvoso de junho a agosto com média histórica variando entre 260 a 420 mm. A região da bacia do Paraná 3 onde localiza-se a sub-bacia do Arroio Guaçu possui vegetação nativa composta por florestas subtropicais e tropicais subperenifólias e perenifólias, possuindo clima do tipo Cfa levando em conta a classificação de Köppen, ocorrendo variações entre o clima subtropical e subtemperado na classificação de Köppen modificada por Maluf, para a região Sul do Brasil. Grande parte da área pode ser constituída por constituída por rochas que derivam do vulcanismos da Bacia do Paraná e uma menor parte, localizada ao norte da área, possuindo influência de rochas sedimentares formada na Formação Caiuá (arenito), (Gomes, *et al.*, 2020).

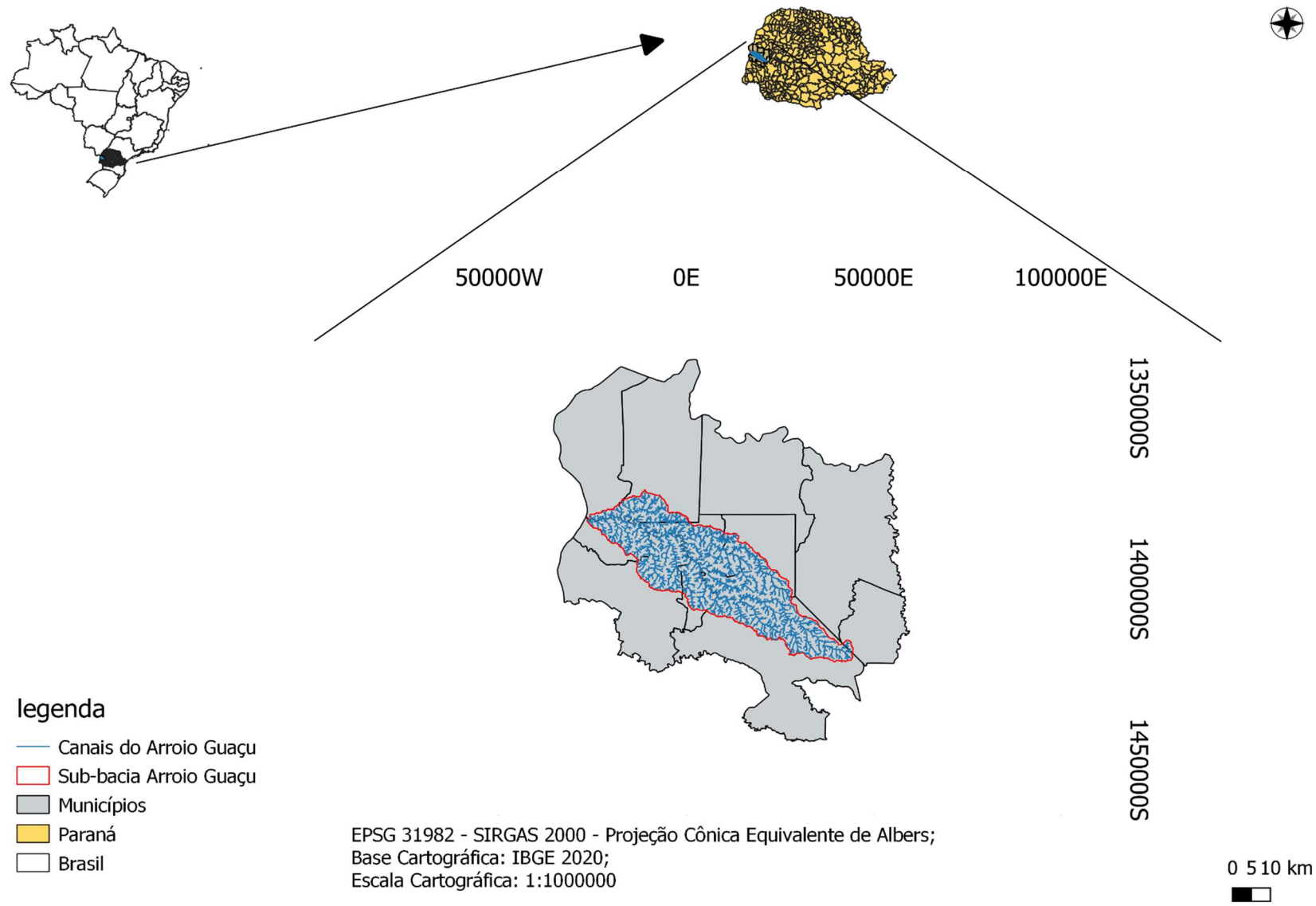


Figura 1: Mostra a localização da sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu.

#### 4.2. Obtenção e padronização de dados

Para este trabalho foram utilizados os Modelos Digitais de Elevação de numeração 24S54 e 24S555 obtidos do Topodata INPE (2011), orientadas em uma configuração com resolução espacial com pixel de 30 metros e 8 bits.

Os vetores dos municípios e também das malhas viárias foram retirados do IBGE (2020). Os MDE e também os vetores dos municípios e malhas viárias foram reprojetados para o DATUM, SIRGAS 2000 Projeção Cônica Equivalente de Albers.

Foi utilizado neste trabalho o software livre QGIS, na versão 3.22.14 (Biatowieza).

#### 4.3. Delimitação da sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu

Os MDE foram tratados com algoritmos para efetuar a delimitação da sub-bacia, dentre eles o algoritmo **r.fill.dir** para corrigir possíveis erros de continuidade nos valores dos pixels dos MDEs podendo ser ocasionados por condições atmosféricas. A delimitação da bacia e as informações sobre a hidrologia foram realizadas por meio da captura de coordenadas do exutório do rio principal com a utilização do algoritmo **OpenStreetMaps**. Já a delimitação da bacia foi feito com o algoritmo **r.watershed**. A hidrologia da bacia é obtida com o algoritmo **r.water.outlet**, já o algoritmo **r.to.vect** realizou a vetorização dos raster da bacia e da hidrologia.

#### 4.4. Aquisição de dados utilizados com imagem do Google Earth

A localização e a delimitação das estruturas dos viveiros escavados na região da sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu, como ilustrado na Figura 2, foram realizados com a utilização do software Google Earth.



Figura 2: Imagem demonstrando as demarcações de áreas de lâminas d'água, dos viveiros escavados na sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu. Fonte: Imagem Google Satellite.



Os viveiros foram classificados em quatro classes de acordo com seus tamanhos, estas classificações foram baseadas e adaptadas dos estudos Francisco, *et al.* 2020; Lira. *et al.* 2019 e Morsoleto. *et al.* 2022 b e Werneck *et al.* 2023.

- Classe I – viveiros pequenos: viveiros com áreas variando entre 300 m<sup>2</sup> e 3.000 m<sup>2</sup>;
- Classe II – viveiros médios: viveiros com áreas variando entre 3.001 m<sup>2</sup> a 6.000 m<sup>2</sup>;
- Classe III – viveiros grandes: viveiros com áreas variando entre 6.001 m<sup>2</sup> a 10.000 m<sup>2</sup>;
- Classe IV – viveiros muito grandes: viveiros com áreas igual ou superior a 10.001 m<sup>2</sup>.

Os viveiros com áreas inferiores a 300 m<sup>2</sup> foram descartados, podem ser confundidos com bebedouro de gado ou outra lâmina de água não produtiva.

#### 4.5. Declividade do relevo da sub-bacia do Arroio Guaçu

Os mapas de declividade foram produzidos com os MDEs tratados e reprojetados, foram recortados utilizando a delimitação da sub-bacia sendo trabalhado com o algoritmo declivi, utilizando como referência as classes de relevo da Embrapa (2013) como demonstrado na Tabela 1:.

*Tabela 1: Classes de relevos em função do percentual de declividade.*

<b>Valor</b>	<b>Classe de relevos</b>
0 – 3%	Relevo Plano
3 – 8%	Relevo suavemente ondulado
8 – 20%	Relevo ondulado
20 – 45%	Relevo fortemente ondulado
45 – 75%	Relevo montanhoso
Superior a 75%	Relevo fortemente montanhoso

Fonte: Embrapa (2013).

#### 4.6. Ordenamento dos canais da sub-bacia do Arroio Guaçu

Os mapas de ordenamento dos canais foram produzidos com os MDEs trabalhados, reprojetados e cortados auxiliado pela delimitação da sub-bacia e foi utilizado o algoritmo Strahler order.

#### 4.7. Morfometria da sub-bacia do Arroio Guaçu

Foram calculados os índices morfométricos da sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu tais como a área da bacia (A), perímetro da bacia (P), comprimento axial da bacia (E), comprimento do curso principal (L), comprimento vetorial entre os extremos do curso principal

(Lr), comprimento total dos cursos da bacia (Lt), fator de forma (Kf), densidade de drenagem (Dd), índice de sinuosidade (Is), razão de alongamento (Er), tempo de concentração (Tc), razão relevo relativo (Rrl), índice de circularidade (Ic) e coeficiente de compacidade (Kc).

#### 4.7.1. Fator de Forma (Kf)

O fator de forma, relaciona a forma da bacia com a forma de um retângulo conforme apresentado na equação 1, Cardoso, *et al.* 2006.

A forma da bacia, como a configuração do sistema de drenagem, pode ser afetada por certas características como a geologia. Podem exercer sobre alguns processos hidrológicos ou sobre o comportamento hidrológico da bacia. De acordo com Villela e Mattos (1975), uma bacia que possua seu fator de forma baixo é menos exposta a enchentes comparada com outra de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior como mostrado na Equação 1. O fator de Forma (Kf) foi determinado, utilizando-se a seguinte equação:

$$\text{Equação 1} \quad F = \frac{A}{L^2}$$

Sendo o Kf: fator de forma, A área de drenagem (m<sup>2</sup>) e L o comprimento do ixe da bacia (m).

#### 4.7.2. Coeficiente de Compacidade (Kc)

O coeficiente de compacidade, relaciona o perímetro da bacia com o perímetro de um círculo de mesma área da bacia, como apresentado na equação 2, Cardoso, *et al.* 2006.

Villela e Mattos (1975), fala que o coeficiente de compacidade é um número adimensional, que pode variar com a forma da bacia, independente do seu tamanho. Quanto mais irregular a bacia é, maior será o coeficiente de compacidade. O coeficiente mínimo igual à unidade corresponde a bacia circular e para uma bacia alongada o valor é significativamente superior a 1. Uma bacia com maior suscetibilidade a enchentes mais acentuadas quando seu Kc for mais próximo da unidade como mostrado na Equação 2 O Kc foi determinado baseado na seguinte equação:

$$\text{Equação 2} \quad Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Sendo que Kc o coeficiente de compacidade, P o perímetro(m) e A área de drenagem (m<sup>2</sup>).

#### 4.7.3. Índice de Circularidade (Ic)

O índice de circularidade relaciona a área da bacia com a área de um círculo de perímetro igual ao da bacia, como apresentado na equação 3, Cardoso, *et al.* 2006.

Coincidente com o coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma se torna alongada como mostrado na Equação 3. Para isso, utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{Equação 3} \quad I_c = \frac{12,57 * A}{p^2}$$

Sendo que Ic é o índice de circularidade, A área de drenagem (m<sup>2</sup>) e o Perímetro (m).

*Tabela 2: Demonstra os fatores Interpretação ambiental da sub-bacia hidrográficas.*

<b>Fatores</b>	<b>Valores e Classificação</b>			
<b>Kf</b>	1,0 – 0,75	0,75 – 0,50	0,50 – 0,30	<0,30
<b>Ic</b>	1,0 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60 – 0,40	<0,40
<b>Kc</b>	1,0 – 1,25	1,25 - 1,50	1,50 – 1,70	>1,70
<b>Formato</b>	Redonda	Mediana	Oblonga	Comprida
<b>Interpretação ambiental da bacia</b>	Alta tendencia a enchente	Média tendencia a enchente	Baixa tendencia a enchente	Tendencia a conservação

Fonte: adaptada de DORNELLAS (2020)

#### 4.7.4. Densidade de drenagem (Dd)

Relaciona a soma total dos comprimentos dos canais com a área total da bacia no qual verifica a velocidade da drenagem como apresentado na equação 4, Cardoso, *et al.* 2006. O sistema de drenagem é constituído pelo rio principal e seus afluentes. A densidade de drenagem mostra a maior ou menor velocidade com que a água deixe a bacia hidrográfica, o índice mostra o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, fornecendo uma indicação da eficiência da drenagem da bacia como demonstrado na Tabela 3:, a densidade mostra a relação entre os somatórios dos comprimentos de todos os canais da rede – sendo eles perenes, intermitentes ou temporários – e a área total da bacia.

$$\text{Equação 4} \quad Dd = \frac{L_t}{A}$$

Sendo Dd a densidade de drenagem (Km/Km<sup>2</sup>), Lt é o comprimento total de todos os canais (Km) e A área de drenagem (Km<sup>2</sup>).

Tabela 3: Densidade de drenagem e sua interpretação

<b>Dd</b>	<b>Tipo</b>	<b>Interpretação ambiental da bacia</b>
<1,5	Baixa	Baixo escoamento superficial maior infiltração
1,50 -2,50	Média	Tendência mediana de escoamento superficial
2,5 – 3,0	Alta	Alta tendência ao escoamento e enxurradas
>3,0	Muito alta	Alta tendência ao escoamento superficial, enxurrada e erosão

Adaptado de Vale et al., 2021.

#### 4.7.5. Índice de Sinuosidade (Is)

O índice de sinuosidade relaciona o exultório do rio principal e sua nascente mais distante com o comprimento do canal principal do rio como apresentado na equação 5 Morsoleto et al., 2022.

O índice de sinuosidade expressa a velocidade de escoamento do canal principal como demonstrado na Tabela 4, portanto a velocidade de escoamento será menor. Valores de Is próximo a unidade indicam canais retilíneos, valores de Is superior a dois indicam canais sinuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais Santos, *et al.* 2012.

$$\text{Equação 5} \quad IS = \frac{100 * (L-Lr)}{L}$$

Sendo Is o índice de sinuosidade (m), L é o comprimento do canal principal do rio (m) e Lr é a distância do exutório e a nascente mais distante (m).

Tabela 4: Índices de sinuosidade de bacias hidrográficas

<b>Is (%)</b>	<b>Classe</b>
<20	Muito reto
20 – 29	Reto
30 – 39	Divagante
40 – 50	Sinuoso
>50	Muito sinuoso

Fonte: Adaptada de Romero, et al. 2017

#### 4.7.6. Razão de Alongamento (Er)

A razão de alongamento relaciona o diâmetro da área com o comprimento do eixo da bacia Morsoleto et al., 2022 como apresentado na equação 6. Na Tabela 5, são indicados valores de referência da razão de alongamento de bacias e sua interpretação.

$$\text{Equação 6} \quad Er = 1,128 * \frac{\sqrt{A}}{E}$$

Sendo Er a razão de alongamento (m), A indica a área total da bacia (m<sup>2</sup>) e o E indica o comprimento do eixo da bacia (m).

Tabela 5: Mostra os valores de referência da razão de alongamento e sua interpretação

Er	Interpretação
>0,9	Bacia Circular
0,8 – 0,9	Bacia Ovais
<0,7	Bacia Alongada

Fonte: adaptada de Dornellas (2020).

#### 4.7.7. Tempo de Concentração (Tc)

A literatura indica várias definições para o tempo de concentração, junto com processos de estimativa relacionados. O tempo de concentração equivale ao tempo gasto para a gota de chuva mover se do ponto mais afastado da bacia até o exutório. Também pode ser determinado como o tempo necessário para o escoamento superficial alcançar o equilíbrio. Ou declarado como o tempo necessário para uma gota d'água desloca-se superficialmente do ponto mais distante (em percurso hidráulico) da bacia até seu exutório Almeida, *et al.* 2013. como apresentado na equação 7.

$$\text{Equação 7} \quad Tc = 57 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$$

Sendo Tc o tempo de concentração (min), L é o comprimento da bacia do exutório ao ponto mais elevado da bacia (Km) e o H é o desnível entre o exutório e o ponto mais elevado da bacia (m).

#### 4.7.8. Razão de Relevo Relativo (RrL)

Razão relevo relativo, é a relação da amplitude altimétrica e o perímetro da bacia Morsoleto et al., 2022, como demonstrado na equação 8.

$$\text{Equação 8} \quad Rv = \frac{H}{P}$$

Sendo RrL a Razão de Relevo Relativo (m), P é o perímetro da bacia (m) e o H é o desnível entre exutório e o ponto mais elevado da bacia (m).

#### 4.8. Cálculo de aporte de Nitrogênio Total e Fósforo Total

Os cálculos de Nitrogênio total (NT) e Fósforo total (PT), residuais no ambiente e os volumes incorporados como efluente do cultivo, foram calculados com base no estudo realizado por Coldebella, et al., 2020, para este cálculo foram considerados a área de cultivo e a biomassa referentes aos viveiros mapeados. Na Tabela 6 são indicados os valores de referência para os cálculos de Nitrogênio e Fósforo e suas respectivas classes e fases de produção.

*Tabela 6: Mostra os valores de referência para os cálculos de aporte de nutrientes, classes e fases de produção.*

Classes	Valores de referência			
	Criação		Despesca	
	Nitrogênio (kg/há <sup>-1</sup> )	Fósforo (kg/há <sup>-1</sup> )	Nitrogênio (kg/há <sup>-1</sup> )	Fósforo (kg/há <sup>-1</sup> )
Classe I	2.047,70	261,91	54,59	16,47
Classe II	1.951,05	197,30	120,49	26,11
Classe III	2.055,85	260,99	81,56	12,18
Classe IV	2.055,85	260,99	81,56	12,18

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

Com estes dados, foram calculados a descarga de Nitrogênio e Fósforo em relação à área de um hectare e para a totalidade de viveiros das classes nas respectivas áreas da sub-bacia ao longo do Arroio Guaçu.

## 5. Resultados e Discussões

A sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu, como mostrada na Figura 3, tem sua nascente localizada no município de Toledo, atravessa o território de 11 municípios e desagua no rio Paraná entre os municípios de Guaíra e Mercedes.

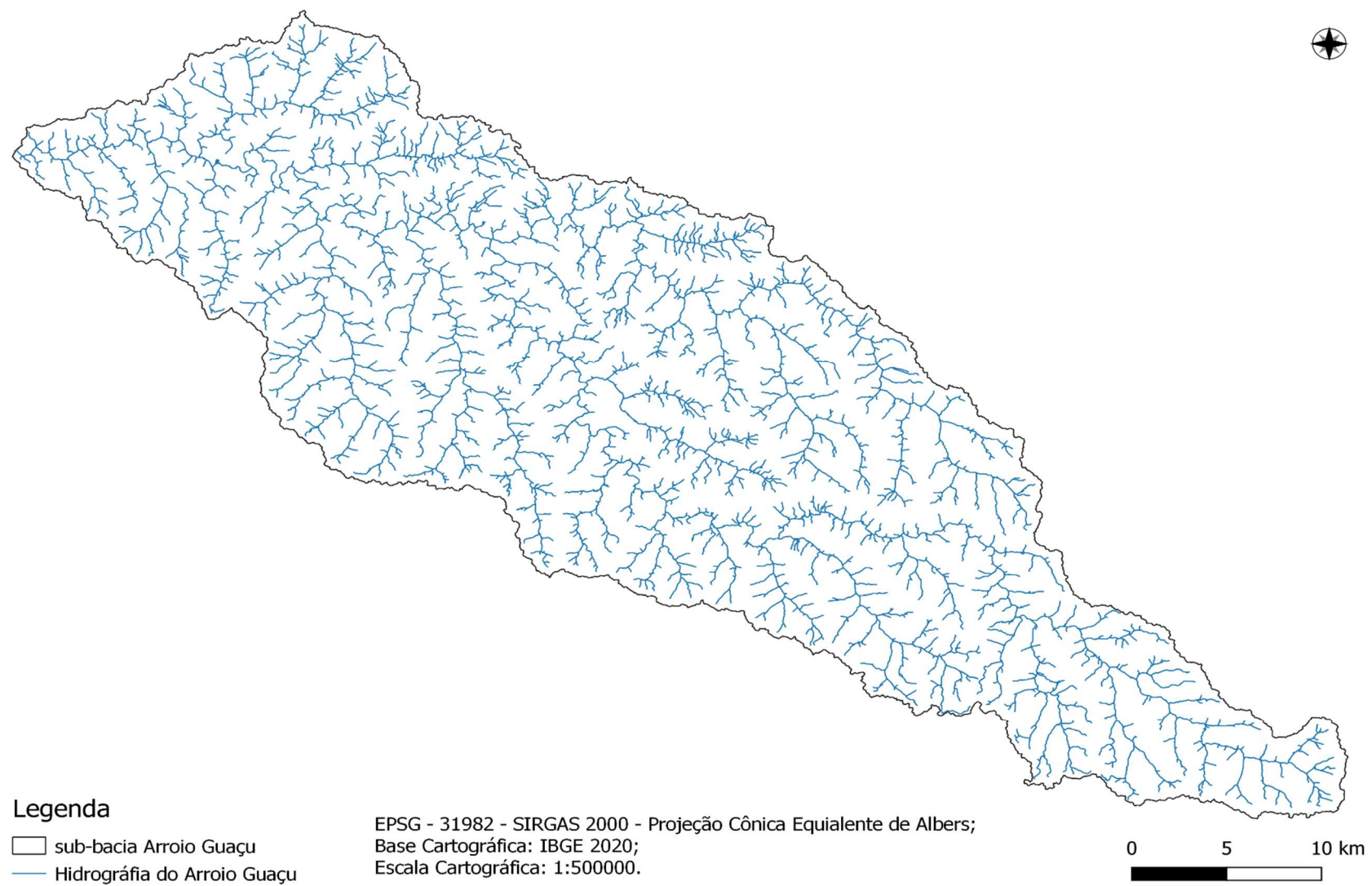


Figura 3: Mapa da delimitação e da hidrografia da sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu.



A sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu possui uma malha viária em seu interior de 285,24 Km de extensão, como pode ser observada na Figura 4. Esta malha viária é composta por rodovias Federais (BR 163), Estaduais (PR 182, PR 239, PR 317, PR 589, PR 467 e PR 491) além de vias Municipais com trechos asfaltados ou com pavimento primário, facilitando o transporte de insumos para as aquiculturas, além de facilitar o transporte da produção para os frigoríficos, sendo que localizam-se nos municípios de Assis Chateaubriand, Palotina, Marechal Cândido Rondon, Toledo e Mercedes. Frigoríficos estes que realizam o processamento dos pescados e também a distribuição para os mercados consumidores.

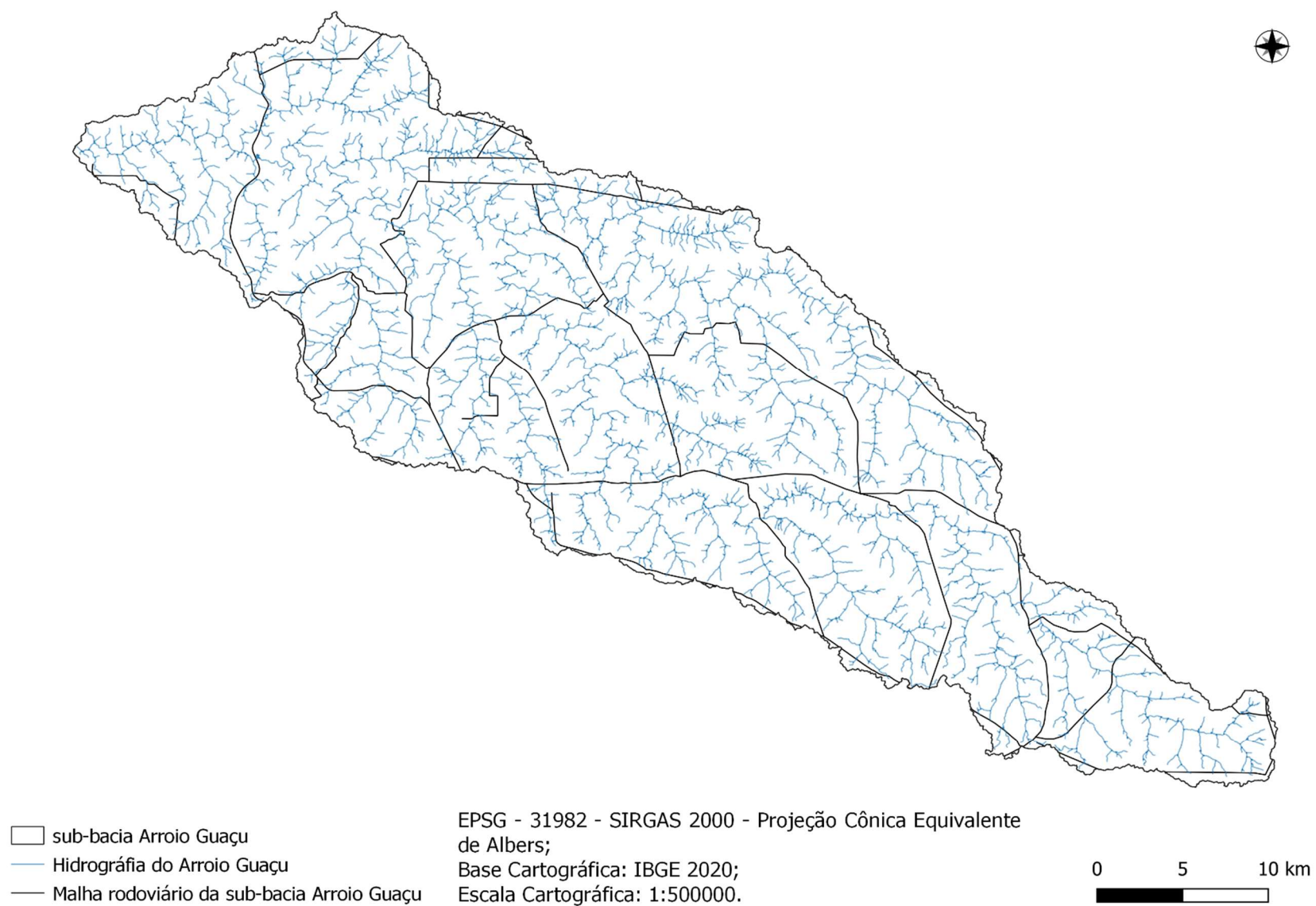


Figura 4: Mapa da Delimitação, hidrografia e das malhas viárias da sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu

A sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu, possui uma área total de 1.186,02 Km<sup>2</sup>, comprimento axial da bacia de 79,30 Km e possuindo um comprimento do rio principal de 136,56 Km como é indicado na Tabela 7, estes índices são consideravelmente maiores ao serem comparados com os mesmos índices obtidos por Morsoleto, et al. 2022b. De acordo com a classificação de Mourier, et al., 2008, Arroio Guaçu é um rio de 9º ordem como é demonstrado na Tabela 7 e demonstrado também na Figura 5, esta classificação obtida para o Arroio Guaçu é ligeiramente maior do que a encontrada pelos estudos de Costa e Leite, 2020.

Observando os índices de coeficiente de compacidade obtido para a sub-bacia do Arroio Guaçu foi 2.05, o fator de forma com valor de 0.18 e o índice de circularidade igual a 0.23, como mostrado na Tabela 7, índices estes que indicam que a sub-bacia possui uma tendência de não ocorrência de grandes enchentes, o que é corroborado com os dados obtidos por Coutinho, et al. 2011.

A sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu obteve resultado de 1.39 Km/Km<sup>2</sup> indicando que a sub-bacia possui baixa tendência a enchentes e baixo escoamento superficial e maior infiltração como esta demonstrada na Tabela 7, resultado este que é corroborado pelo trabalho de Duarte, et al. 2007.

O resultado obtido para o índice de sinuosidade com o valor de 42.21 indica que o canal principal do Arroio Guaçu é classificado como sinuoso, a sinuosidade tornando-se um componente controlador da velocidade de escoamento das contribuições como é demonstrado no estudo realizado por Périco, et al. 2011. Levando em conta o tempo de concentração encontrado para o Arroio Guaçu com um valor alto de 26:10 h, que demonstra a natureza sinuosa do canal principal da sub-bacia Morsoleto, et al. 2022b.

O valor da razão de alongamento obtido para a sub-bacia foi de 0,49 indicando a sub-bacia como de forma alongada como demonstrado estudo realizado por Freitas, 2019.

O valor da Razão de relevo relativo encontrado para a sub-bacia do Arroio Guaçu foi de 0,002 como indicado pela Tabela 7. Conforme Capoane (2020), áreas com baixos valores de RrL que foi o caso da sub-bacia estudada, são menos propensas à erosão quando comparadas com áreas com valores maiores.

Tabela 7: Mostra os resultados morfológicos e morfométricos da sub-bacia do Arroio Guaçu

<b>Características Morfológicas</b>		
<b>Índices Morfológicos</b>		
<b>Índices</b>	<b>Arroio Guaçu</b>	<b>Unidade</b>
Área da bacia (A)	1.186,024	Km <sup>2</sup>
Perímetro da bacia (P)	252,88	Km
Comprimento axial da bacia (E)	79,30	Km
Comprimento do curso principal (L)	136,56	Km
Comprimento total dos cursos da bacia (Lt)	1.651,35	Km
Comprimento vetorial entre os extremos do curso principal (Lr)	78,924	Km
Ordenamento do Arroio Guaçu	9	
<b>Cálculos morfométricos</b>		
<b>Índices</b>	<b>Siglas</b>	<b>Arroio Guaçu</b>
Coefficiente de compacidade	(Kc)	2,05
Fator de forma	(F)	0,18
Índice de circularidade	(Ic)	0,23
Densidade de drenagem	(Dd)	1,39
Tempo de concentração	(Tc)	26:10
Índice de sinuosidade	(Is)	42,21
Razão de alongamento	(Er)	0,49
Razão de relevo relativo	(RrL)	0,002

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

A classe de relevo mostradas na Figura 6, demonstram que a sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu possui seu relevo classificado como relevo suavemente ondulado com área de 64.936 ha correspondendo a 55,16% de sua área.

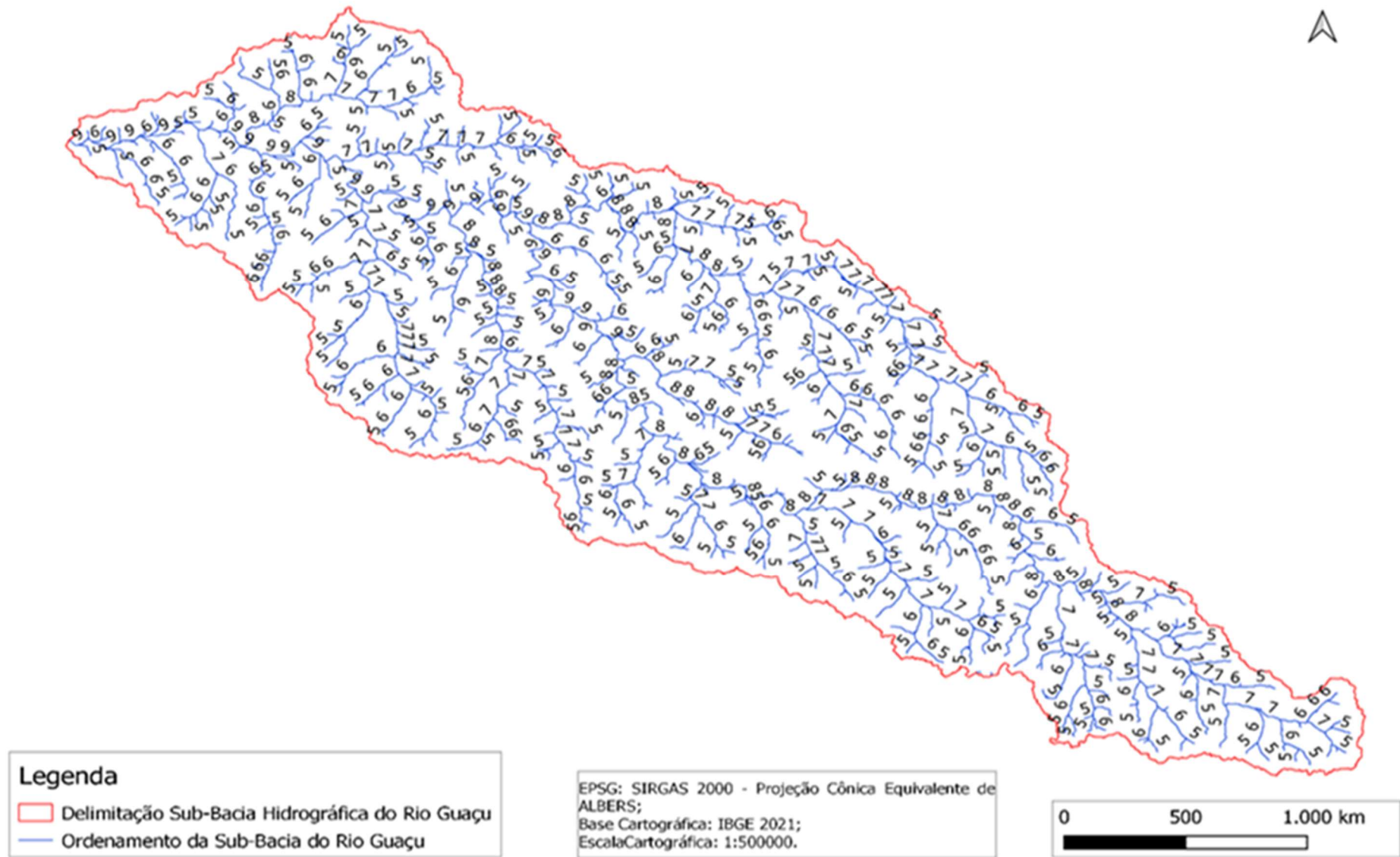


Figura 5: Ordens de Strahler, para cada canal de drenagem da sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu. Fonte: Elaborado pelos autores.

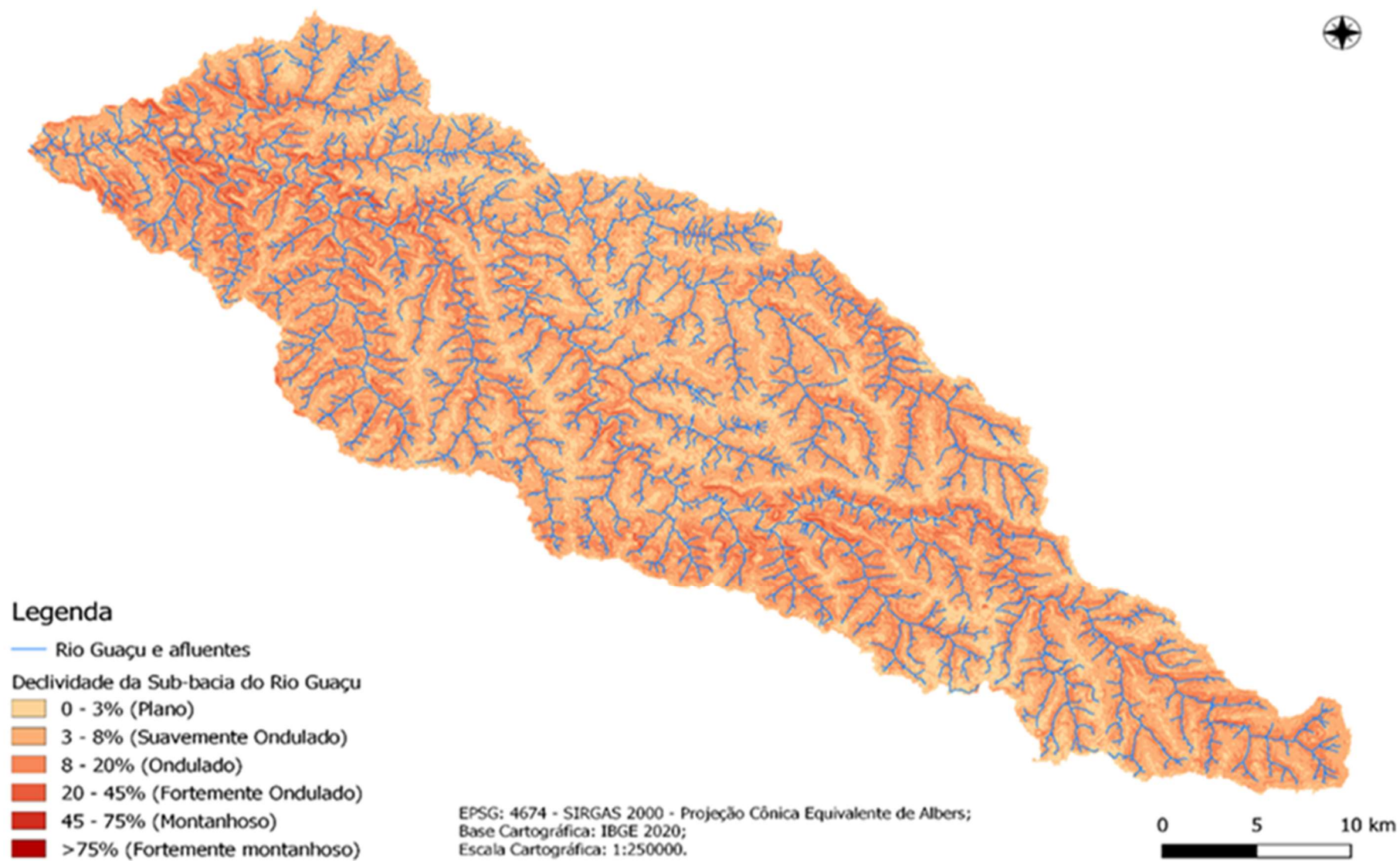


Figura 6: Mostra as diferenças de declividades da sub-bacia do Arroio Guaçu. Fonte: Elaborado pelos autores.

No mapa de localização dos viveiros escavados como demonstrado na Figura 7 que em sua maioria estão localizados na região central da sub-bacia onde localizam-se os municípios Nova Santa Rosa, Quatro Pontes, Toledo e Maripá, estes que são alguns dos municípios com maior produção da sub-bacia do Arroio Guaçu.

Foram mapeados 2.542 viveiros escavados na sub-bacia como mostrado na Tabela 8, totalizando área de 750,70 ha. A maioria dos viveiros escavados foram classificados como da classe I, de pequeno porte, corroborados por estudo realizados por Francisco *et al.*, (2020); Morssoleto *et al.* (2022b) e Werneck, et al., 2023, totalizando 1723 viveiros, correspondendo 67,78% do total de viveiros, correspondendo a área de 237,15 ha, correspondendo a 31,60% do total das lâminas de água da sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu.

*Tabela 8: Classificação e quantificação de viveiros escavados*

<b>Classes de viveiros</b>	<b>Áreas (M<sup>2</sup>)</b>	<b>Áreas (ha)</b>	<b>(%) das áreas (ha)</b>	<b>Nº de viveiros</b>	<b>(%) dos viveiros</b>
Classe I - Pequenos	300 – 3.000 m <sup>2</sup>	237,20	31.59	1.723	67.78
Classe II – Médios	3.001 – 5.000 m <sup>2</sup>	156,75	20.89	406	15.97
Classe III – Grandes	5.001 – 10.000 m <sup>2</sup>	219,47	29.23	316	12.42
Classe IV – Muito Grandes	>10.001 m <sup>2</sup>	137,28	18.29	97	3.83
<b>Total</b>		<b>750,70</b>	<b>100</b>	<b>2.542</b>	<b>100</b>

Fonte: Adaptado de Francisco *et al.*, (2020); Morssoleto *et al.* (2022b) e Werneck, et al., 2023.

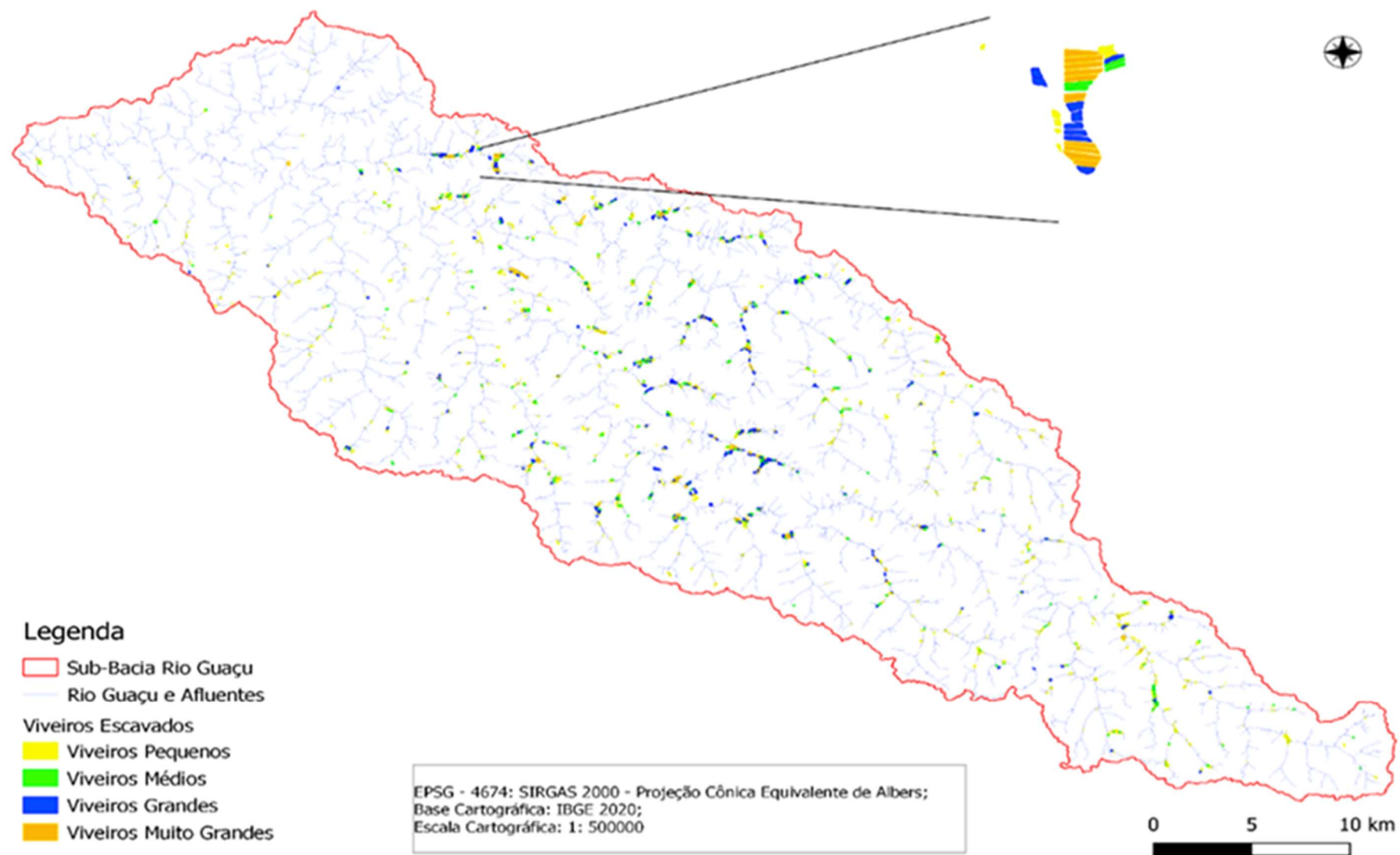


Figura 7: Localização dos viveiros escavados na sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu. Fonte: Elaborado pelos autores.



Os resultados obtidos para a área de um hectare para o descarte de nutrientes como Nitrogênio e Fósforo como demonstrado na Tabela 9, mostra o valor da biomassa 50.000 kg/ha. Durante a fase de criação o aporte de nutrientes foi de 8.110,45 kg/ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio e 981,21 kg/ha<sup>-1</sup> de Fósforo.

As classes que obtiveram os maiores descartes de Nitrogênio durante a fase de criação foram as classes III e IV com o valor de 2.055,85 kg/ha<sup>-1</sup> e o descarte de Fósforo foi na classe I com o valor de 261,91 kg/ha<sup>-1</sup> correspondendo a uma proporção aporte de N:P de 7,8 : 1 e na fase de despesca o maior descarte foi realizado pela classe II com valor de 120,49 kg/ha<sup>-1</sup> para o Nitrogênio e 26,11 kg/ha<sup>-1</sup> de Fósforo, correspondendo a uma proporção de aporte de nutriente de N:P no valor de 4,6 : 1

Os resultados obtidos para a área total das classes na sub-bacia para o descarte de nutrientes como Nitrogênio e Fósforo como demonstrado na Tabela 10, mostra o valor da biomassa 37.535,00 kg nas classes da sub-bacia. Durante a fase de criação o aporte de nutrientes foi de 1.524.966,02 kg de Nitrogênio nas classes da sub-bacia e 185.160,00 kg de Fósforo nas classes da sub-bacia. E durante a fase de despesca o aporte de nutriente foi de 60.917,81 kg de Nitrogênio nas classes da sub-bacia e 12.344,63 kg de Fósforo nas classes da sub-bacia.

Os resultados obtidos 21,34 %, 5,46 % e 32,87 % sendo superiores aos valores encontrados por Morsoleto, *et al.* 2022a, referindo-se respectivamente a valores de biomassa produzida, aporte de Nitrogênio e aporte de Fósforo, durante a fase de criação. Durante a fase de despesca os valores foram 18,36 % no caso de Nitrogênio e 34,50 % no caso do Fósforo ambos inferiores aos encontrados por Morsoleto, *et al.* 2022a.

Os resultados obtidos 5,46 % e 32,87 % sendo superiores aos valores encontrados por Coldebella, *et al.* 2020, referindo-se respectivamente a valores de aporte de Nitrogênio e aporte de Fósforo, durante a fase de criação. Durante a fase de despesca os valores foram 18,36 % no caso de Nitrogênio e 34,50 % no caso do Fósforo ambos os superiores aos encontrados por Coldebella, *et al.* 2020

As classes que obtiveram os maiores descartes de Nitrogênio durante a fase de criação foram as classes I com o valor de 485.714,44 kg de Nitrogênio na classe da sub-bacia e o descarte de Fósforo foi na classe I com o valor de 62.125,05 kg de Fósforo na classe da sub-bacia correspondendo a uma proporção aporte de N:P de 7,8 : 1 e na fase de despesca o maior descarte foi realizado pela classe II com valor de 18.886,81 kg de Nitrogênio na classe da sub-

bacia e 4.092,74 kg de Fósforo nas classe da sub-bacia, correspondendo a uma proporção de aporte de nutriente de N:P no valor de 4,6 : 1.

Os primeiros impactos dos efluentes das atividades aquícolas sobre os ecossistemas aquáticos são de aumentar as concentrações de Nitrogênio e Fósforo na coluna d'água e a agregação de matéria orgânica nos sedimentos. A disponibilidade de nutrientes nos ambientes limnológicos inclina-se a beneficiar o aumento da população fitoplanctônica, alterando a dinâmica do oxigênio dissolvido como foi argumentado por Henry-Silva e Camargo, 2008.

Nutrientes, como Nitrogênio e Fósforo podem transformar-se em elementos limitantes para os ecossistemas aquáticos, podendo estimular processos de eutrofização no momento em que são introduzidos no ambiente e provocando uma maior produtividade como foi discutido por Macedo e Sipaúba-Tavares, 2010.

Ambientes que possuam razões de N/P baixas podem ser indicativos de eutrofização podendo propiciar florações de cianobactérias já que o crescimento de fitoplâncton fica limitado pela disponibilidade relativa de nitrogênio proporcionando crescimento de espécies aptas há fixar nitrogênio atmosféricos como foi descrito por Vidal e Neto, 2013.

A contribuição de MO e nutrientes (N e P) potenciam tanto a produção primária como a respiração. A princípio, a comunidade fitoplanctônica se favorece, possibilitando o crescimento do consumo de CO<sub>2</sub>; com o desenvolvimento exagerado desses organismos, possibilita limitação de nutrientes nas formas assimiláveis como amônia e fosfato ou bloqueio da luz pelo aumento da turbidez na coluna d'água. Esses efeitos levam ao decréscimo da produção primária e o fortalecimento dos processos heterotróficos, ou seja, ao aumento da produção de CO<sub>2</sub>, principalmente em função da atividade bacteriana Marinho, *et al.* 2016.

*Tabela 9: Resultados obtidos para Nitrogênio e Fósforo para uma área de um hectare.*

Classes	Biomassa (kg/ha)	Área (ha)	Criação		Despesca	
			N total (kg/ha <sup>-1</sup> )	P Total (kg/ha <sup>-1</sup> )	N total (kg/ha <sup>-1</sup> )	P Total (kg/ha <sup>-1</sup> )
Classe I	50.000	1	2.047,70	261,91	54,60	16,47
Classe II	50.000	1	1.951,05	197,30	120,50	26,11
Classe III	50.000	1	2.055,85	261,00	81,52	12,18
Classe IV	50.000	1	2.055,85	261,00	81,52	12,18
Total	200.000	4	8.110,45	981,21	338,14	66,94

A biomassa é de 5 peixes /m<sup>2</sup>. Fonte: adaptado de Coldebella, *et al.* 2020 e Mossoleto, *et. al.*, 2022a.

*Tabela 10: Resultados obtidos para Nitrogênio e Fósforo para as áreas classes da sub-bacia.*

Classes	Biomassa (kg/ha)	Área (ha)	Criação		Despesca	
			N total na sub-bacia (kg)	P Total na sub-bacia (kg)	N total na sub-bacia (kg)	P Total na sub-bacia (kg)
Classe I	11.860,000	237,20	485.714,44	62.125,05	12.948,75	3.906,68
Classe II	7.837,500	156,75	305.827,09	30.926,77	18.886,81	4.092,74
Classe III	10.937,500	219,47	451.197,40	57.279,47	17.891,19	2.673,14
Classe IV	6.864,000	137,28	282.227,09	35.828,71	11.191,06	1.672,07
<b>Total</b>	<b>37.499,000</b>	<b>750,70</b>	<b>1.524.966,02</b>	<b>185.160,00</b>	<b>60.917,81</b>	<b>12.344,63</b>

A biomassa é de 5 peixes /m<sup>2</sup>. Fonte: adaptado de Coldebella, *et al.* 2020 e Mossoleto, *et. al.*, 2022a.

## 6. Conclusão

As características morfométricas da bacia indicam baixo risco de grandes enchentes, o rio principal e seus afluentes são sinuosos o que leva a um elevado tempo de concentração. A maioria dos viveiros localizados e quantificados foram da classe I de pequeno porte. A descarga de nutrientes em uma área de um hectare fora maior nas classes III e IV para Nitrogênio e foi maior na classe I para Fósforo durante a fase de criação, durante a fase de despesca a maior descarga de Nitrogênio e Fósforo foi na classe II para ambos os nutrientes. Levando em conta a área da sub-bacia a classe que realizou a maior descarga durante a fase de criação foi a classe I para ambos os nutrientes e na despesca foi a classe II também para Nitrogênio e Fósforo. Os dados obtidos neste trabalho podem auxiliar os gestores tanto públicos como privados, para a melhor organização e gestão dos recursos hídricos e do solo da área da Sub Bacia do Rio Guaçu.

### **Considerações Finais**

Através do estudo realizado e com a ampliação da pesquisa utilizando outras características ambientais, como altitude, uso e ocupação de solo, variação de temperatura, tipos de solo, índices pluviométricos, vazão da bacia, capacidade de suporte etc., podem contribuir na avaliação de locais adequados para a piscicultura, possibilidade de expansão de produção com viveiros maiores, avaliação de fragilidade ambiental, avaliação de locais adequados para estabelecimento de entrepostos de pescados, dentre outros.

## 7. Bibliografia

- Abud, E. A.; Lani, J. L.; Araújo, E. A.; Amaral, E. F.; Bardales, N. G.; Fernandes Filho, E. I. (2015). Caracterização morfométrica das sub-bacias no município de Xapuri: subsídios à gestão territorial na Amazônia Ocidental. *Revista Ambiente e Água*, v. 10, n. 2, p. 431-441.
- Aher, P. D.; Adinarayana, J.; Gorantiwar S. D. (2014). Quantification of morphometric characterization and prioritization for management planning in semi-arid tropics of India: A remote sensing and GIS approach. *Journal of Hydrology*, v. 511, p. 850–860.
- Almeida, I. K.; Anache, J. A. A.; Almeida, V. R.; Sobrinho, T. A. (2013). Estimativa de tempo de concentração em bacia hidrografia. XX Simpósio brasileiro de recursos hídricos. P. 1 – 8.
- Alves, J. M. P.; Castro, P. T. A. (2003). Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 33, n. 2, p. 117-127.
- Américo, J. H. P.; Cicigliano, G. D.; Carvalho, S. L. DE (2012). Avaliação de alguns parâmetros físico-químicos da água de uma piscicultura com sistema de cultivo em tanques-rede. VIII fórum ambiental da Alta Paulista, v.8, n.º2, p. 60 – 71.
- Andrade, N. L. R.; Xavier, F. L.; Alves, E. C. R. F.; Silveira, A.; Oliveira, C. U. R. (2008). Caracterização morfométrica e pluviométrica da Bacia do Rio Manso – MT. *Geociências*, v. 27, n. 2, p. 237- 248.
- Azevedo, S. B. (2012). Impactos da piscicultura intensiva sobre a qualidade da água de um reservatório no semiárido. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Biológicas e da Saúde.
- Barreto, L. V.; Barros, F. M.; Bonomo, P.; Rocha F. A.; Amorim, J. DA S. (2013). Eutrofização em rios brasileiros. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia*, v. 9, n.º 16, p. 2165 – 2179.
- Bertossi, A. P. A.; Klippel, V. H.; Peluzio, T. M. O.; Menezes, J. P. C.; Cecílio, R. A. (2011). Análise morfométrica da sub-bacia do Córrego Horizonte, Alegre-ES, utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG). *Revista Nucleus*, v.8, n. 2, p. 209-218.
- Boyd, C. E., Tucker, C., Mcnevin, A., Bostick, K., & Clay, J. (2007). Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean aquaculture. *Reviews in Fisheries Science*, 15, 327–360. URL: <https://doi.org/10.1080%2F10641260701624177>. doi:10.1080/10641260701624177.
- Capoane, V. (2020). Implicações da resolução fonte de modelos altimétricos na análise quantitativa de atributos geomorfométricos para a bacia hidrográfica do córrego Gariroba, Campo Grande, MS. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.13, n.05 p. 2417-2432
- Cardoso, C. A.; Dias, H. C. T.; Soares, C. P.B.; Martins, S.V. (2006). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Revista Árvore, Viçosa – MG*, v. 30, n. 2, p. 241 – 248.
- Christofolletti, A. (1970). A análise morfométrica de bacias hidrográficas. *Notícias Geomorfológicas, Rio Claro*, v. 18, p. 35-64, 1969.

Christofoletti, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas no Planalto de Poços de Caldas. Rio Claro: Departamento de Geociências, Universidade Estadual Paulista, 375 p. Tese (Livre Docência).

Christofoletti, A. (1974). Geomorfologia. São Paulo: E. Blücher.

Coldebella, A.; Godoy, A. C.; Gentelini, A. L.; Piana, P. A.; Coldebella, P. F.; BOSCOLO, W. R.; Feiden, A. (2020). Nitrogen and phosphorus dynamics in Nile tilapia farming in excavated rearing ponds. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9699>. v. 9, n. 11, e1319119699.

Costa, E. S.; Leite, E. F. (2020). Análise da morfometria areal da bacia hidrográfica do rio Nioaque – MS. Revista Pantaneira, V.18, Edição especial IV Workshop do PPGEO/CPAQ/UFMS e 3ª Mostra de pesquisa dos cursos de pós-graduação e graduação em geografia, “Olhares e lugares geográficos do ensino, saúde, ambiente e sociedade na pandemia”, UFMS, Aquidauana-MS,

Coutinho, L. M.; Cecílio, R. A.; Xavier, A. C.; Zanetti, S. S.; Garcia, G. O. (2011). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio da Prata, Castelo, ES. Irriga, v. 16, n. 4, p. 369-381.

Cyrino, J. E. P.; Bicudo, Á. J. A.; Sado, R. Y.; Borghesi, R.; Dairiki, J. K. (2010). A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em pisciculturas. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 39, p. 68 – 87. Supl. Especial.

Dipak, R. S.; Shirish, G. S.; Nagarajan, R. (2015). *GIS based drainage morphometry and its influence on hydrology in parts of Western Ghats region, Maharashtra, India*. Geocarto International, v.30, n.7, p. 755- 778.

Dornellas, P. C.; Xavier, R. A.; Seabra, V. S.; Silva, R. M.. (2020). Análise morfométrica da bacia do alto rio Paraíba região semiárida do estado da Paraíba. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 21, nº3.

Duarte, C. C.; Galvêncio, J. D.; Corrêa, A. C. B.; Araújo, M. S. B. (2007). Análise fisiográfica da bacia hidrográfica do rio Tapacurá – PE. Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 24, nº 2.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2013). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.3 ed. Brasília, Embrapa solos, 353 p.

Esteves, F. A. Fundamentos de limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FRANCISCO, H.R.; COLDEBELLA, A.; CORRÊIA, A.F. & FEIDEN, A. 2020. Análise espacial de eventos pontuais para estimar o potencial produtivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Research, Society and Development, 9(9), e855998038. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.8038>.

Fernandez, O. V.; Calegari, M. R.; Binda, A. L.; Meith, J. C.; Azevedo, S. T. & Fogaça, T. K. (2014). Plano da Bacia Hidrográfica do Paraná 3. Cascavel: SUDERHSA.

Fernandez, O. V. Q. (2016). Caracterização morfométrica das bacias hidrográficas urbanas e periurbanas de Marechal Cândido Rondon, Paraná. Geografia em Questão. 09 p.88-106.

Freitas, R. O. (1952). Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. *Boletim Paulista de Geografia*. v. 11, p. 53 – 57.

Freitas, A. S. (2019). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Pium, Pium – TO. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Georgin, J.; Oliveira, G. A.; Rosa, A. L. D. (2015). 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.

Gomes, J. B. V.; Wrege, M. S.; Holler, W. A.; Bognola, I. A. (2020). Características gerais dos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina. In: Gomes, J. B. V.; Wrege, M. S. (Ed.). *Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina: estudos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto*. Brasília, DF: Embrapa, 2020. E-book. Cap. 1, p. 11 - 16

Henry-Silva, G. G. & Camargo, A. F. M. (2008). Impacto das atividades e aquicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas – relato de caso. *B. Inst. Pesca*, São Paulo, 34(1): 163 – 173.

Hiruma, S. T. & Ponçano, W. L. (1994). Densidade de drenagem e sua relação com fatores geomorfopedológicos na área do alto rio Pardo, SP e MG. *Rev. IG. São Paulo*, 15(1/2),49-57.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2020). Portal de mapas.

IBGE– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021). Pesquisa da Pecuária Municipal.

INPE – Instituto de Pesquisas Espaciais (2011). Topodata.

LIRA, K. C. S., FRANCISCO, H. R. & FEIDEN, A. (2019). Análise morfométrica da microbacia do Rio Marreco: subsídios para cálculos do impacto ambiental causado pela piscicultura. In *Evento Científico do International Fish Congress*. Foz do Iguaçu. Paraná. Brasil.

Lopes, J. C. (2012). Técnico em agropecuária: piscicultura / Jackelline Cristina Ost Lopes. *E-Tec*, 1 – 80.

Lopes, I. C. P.; Campos, J. A.; Fraga, M. S.; Aires, U. R. V.; Silva, D. D. (2018). Caracterização morfométricas da bacia hidrográfica do rio Caratinga, sub bacia do rio Doce, MG. *III Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul*. p. 1 – 8.

Macedo, C. F. e Sipaúba – Tavares, L. H. (2010). Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. *Bol. Inst. Pesca*, São Paulo, 36(2): 149 – 163.

Malik, M. I.; Bhat, M. S. (2014). *Integrated Approach for Prioritizing Watersheds for Management: A Study of Lidder Catchment of Kashmir Himalayas*. *Environmental Management*, v. 54, p. 1267–1287.

Marinho, C. C.; Fonseca, A. L. S.; Esteves, F. A. (2016). Impacto antrópicos nas lagoas costeiras do norte do estado do Rio de Janeiro: uma revisão sobre a eutrofização artificial e gases de efeito estufa. *RBPB*, Brasília, v.13, n.32, p. 703 – 728.



Menezes, J. P. C.; Bertossi, A. P. A.; Santos, A. R.; Neves, M. A. (2014). *Correlation between land use and groundwater quality*. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 19. p. 173-186.

Moreli, A. P.; Pereira, D. P.; Silva, S. F. (2014). Caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do Córrego Cancã em Venda Nova do Imigrante – ES – BRASIL. Nucleus, v.11, n. 2, p. 385-396.

Morsoleto, F. M. S.; Lira, K. C. S.; Silva, J. F. M.; Francisco, H. R.; Bittencourt, F. Feiden, A. (2022a). Geographic information system as a tool for assessing ponds and the potential for environmental impact caused by fish farming. Bol. Inst. Pesca 2022, 48: e695. <https://doi.org/10.20950/1678-2305/bip.2022.48.e695>

Morsoleto, F. M. S.; Japeniski, N. P.; Werneck, P. R.; Lira, K. C. S.; Francisco, H. R.; Bittencourt, F.; Signor, A.; Feiden, A. (2022b). 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, DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i6.29191>

Mourier, B.; Walter, C.; Merot, P. (2008). Soil distribution in valleys according to stream order. Catena 72 p. 395–404.

Muzitano, I. S.; Campos, I. M.; Xavier, J. C. O.; Mndonça, R. F.; Estrada, C. H. E. D.; Amado, A. M.; Barros, N. O. (2018). Eficiência de macrófitas flutuantes no ganho de biomassa e absorção foliar de Nitrogênio e Fósforo total através da remoção destes nutrientes do efluente de uma piscicultura continental localizada na bacia hidrográfica o médio Paraíba do Sul. III Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul. p. 1 – 5.

Oliveira, P. T. S.; Sobrinho, T. A.; Steffen, J. L.; Rodrigues, D. B. B. (2010). Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 8, p. 819-825.

Olszewski, N.; Filho, E. I. F.; Costa, L. M. DA; Schaefer, C. E. G. R.; Souza, E. DE; Costa, O. D. V. (2011). Morfologia e aspectos hidrológicos da bacia hidrológica do rio Preto, divisa dos estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.35, n.3, p.485-492.

Périco, E.; Cemin, G.; Arend, U.; Rempel, C.; Eckhardt, R. R. (2011). Análise fisiográfica da bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, INPE p.1200.

Prefeitura Municipal de Quatro Pontes (2016). Plano Municipal de Saneamento Básico de Quatro Pontes.

QGIS, versão 3.22.14 (Biatowieza) QGIS-OSGeo4W-3.22.14 -1-Setup-x86.exe – 2023.

Resolução CONAMA N° 357 de 17 de março de 2005 (2005, 17 março). Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. [https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/resolucoes/2005\\_Res\\_CONAMA\\_357.pdf#:~:text=RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20N%C2%BA%20357%2C%20DE%2017%20DE%20MAR%C3%87O,de%20lan%C3%A7amento%20de%20efluentes%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A7%C3%A3o](https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/resolucoes/2005_Res_CONAMA_357.pdf#:~:text=RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20N%C2%BA%20357%2C%20DE%2017%20DE%20MAR%C3%87O,de%20lan%C3%A7amento%20de%20efluentes%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A7%C3%A3o)

Rodrigues, F. M.; Pissara, T. C. T.; Campos, S. (2008). Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do córrego da Fazenda Gloria, município de Taquaritinga, SP. *Irriga*, v. 13, n. 3, p. 310-322.

Santos, A. A. O., & Camargo, A. F. M. (2014). Constructed wetlands for treatment of harvest effluents from grow-out ponds of the amazon river prawn. *Aquaculture Research*, 46, 2676–2684. <https://doi.org/10.1111%2Fare.12423>.

Santos, A. M.; Targa, M. S.; Batista, G. T.; Dias, N. W. (2012). Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. *Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 195-211. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.945>)

Santos, C. A.; Sobreira, F. G. (2008). Análise morfométrica como subsídio ao zoneamento territorial: o caso das bacias do Córrego Carioca, Córrego do Bação e Ribeirão Carioca na região do Alto Rio das Velhas-MG. *Revista Escola de Minas*, v. 61, n. 1, p.77-85.

Santos, D.B.; Vidotto, M. L.; Bertinato, R.; Marcon, G. R. S.; Frigo, E.P. (2012). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio São José, Cascavel, PR. *Reista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, Guarapuava – PR, v. 5, n.º. 2, p. 7 – 18.

Servidoni, L. E.; Ayer, J. E.; Estella, P. V. & Okiveira, G. H. (2021). Atributos morfométricos e hidrológicos da bacia hidrográfica do Alto Sapucaia, Minas Gerais. *Revista do departamento de Geografia*, 1 – 14.

Silva, L. M. (2018). Potencial da *Pistia stratiotes* na fitorremediação de efluente da piscicultura. Trabalho de conclusão de curso (TCC) apresentado como requisito para conclusão do curso de bacharelado em engenharia ambiental do CCTA / UFCG. Pombal – PB.

Soares, L. S., Lopes, W. G. R., Castro, A. C. L. & Araujo, G. M. C. (2016). Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. *Revista do Departamento de Geografia*, 31, 82-100.

Soares, M. R. G. J.; Souza, J. L. M. (2012). Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Pequeno em São José dos Pinhais (PR). *Geografia (Londrina)*, v. 21, n. 1, p. 19-36.

Souza, C. F.; Pertille, C. T.; Corrêa, B. J. S.; Vieira, F. S. (2017). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Ivaí – Paraná. *GeoAmbiente, Revista Eletrônica do Curso de Geografia – UFG / REJ. Jataí – GO*, n.29.

Teodoro, V. L. I.; Teixeira, D.; Costa, D. J. L.; Fuller, B. B. (2007). Conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. *Revista Uniara*, n. 20, p. 137-156.

Tonello, K. C.; Dias, H. C. T.; Souza, A. L.; Ribeiro, C. A. A. S.; Leite, F. P. (2006). Morfometria da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. *R. Árvore, Viçosa-MG*, v.30, n.5, p.849-857.

Vale, J. R. B.; Costa, L. S.; Pimentel, M. A. S. (2021). Análise a morfometria e do uso e cobertura daterra da bacia hidrográfica do rio Mocajuba, zona costeira Amazonica. *Geosul, Florianópolis*, v. 36, n. 78, p. 537 – 557.

Valenti, W. C. (2002). Aquicultura Sustentável. 12º Congresso de Zootecnia, 111 – 118.

Valenti, W. C.; Barros, H. P.; Moraes-Valenti, P.; Bueno, G. W.; Cavalli, R. O. (2021). *Aquaculture in Brazil: past, presente and future*. Aquaculture Reports.

Vidal, T. F. & Neto, J. C. (2014). Dinâmica de nitrogênio e fósforo em reservatório na região seminário utilizando balanço de massa. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*. V. 18, nº 4, p. 402 – 407.

Villela, S. M. & Mattos, A. (1975). *Hidrologia aplicada*. Editora McGraw – Hill do Brasil.

Werneck, P. R.; Macedo, H. R.; Morsoleto, F. M. da S.; Lira, K. C. da S. .; Feiden, A. (2023). Use of georeferencing as a sustainable planning tool for aquaculture production in small municipalities: a case study for Ouro Verde do Oeste/PR. *Research, Society and Development*. v. 12, n. 3.

Zanata, M.; Pissara, T. C. T.; Arraes, C. L.; Rodrigues, F. M. & Campos, S. (2011). Influência da escala na análise morfométrica de microbacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.15, n.10, p.1062–1067.