

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

**ANTONIO JOSÉ SOUSA DE MORAES**

Análise geoespacial para estimativa da produtividade da piscicultura de tilápia  
na Microrregião de Toledo.

Toledo

2024

**ANTONIO JOSE SOUSA DE MORAES**

Análise geoespacial para estimativa da produtividade da piscicultura de tilápia  
na Microrregião de Toledo.

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.

Orientador: Prof. Dr. Atevir Signor  
Coorientador: Dr. Humberto Rodrigues Francisco

Toledo

2024

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

Moraes, Antonio José Sousa de  
Análise geoespacial para estimativa da produtividade da piscicultura de tilápia na Microrregião de Toledo. / Antonio José Sousa de Moraes; orientadora Altevir Signor; coorientadora Humberto Rodrigues Francisco. -- Toledo, 2023.  
28 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico 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. Piscicultura. 2. Sistema de Informação Geográfica. 3. Geoprocessamento. 4. Viveiros Escavados. I. Signor, Altevir , orient. II. Francisco, Humberto Rodrigues, coorient. III. Título.

# FOLHA DE APROVAÇÃO

**ANTONIO JOSÉ SOUSA DE MORAES**

Análise geoespacial para estimativa da produtividade da piscicultura de tilápia  
na Microrregião de Toledo.

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. Altevir Signor  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

---

Prof. Dr. Aldi Feiden  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

---

Prof. Dr.  
Universidade Estadual de Maringá

Aprovada em: 12 de dezembro de 2023.  
Local de defesa: Remoto.

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, pilares de amor e apoio incondicional. Dedico este trabalho com profunda gratidão. Suas presenças em minha vida me inspiraram a perseguir meus sonhos e me deram a força necessária para superar os desafios desta jornada.

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Altevir Signor, meu orientador, agradeço a inestimável orientação, o apoio constante, a dedicação e a confiança depositada em meu trabalho. Sua vasta experiência e conhecimento foram essenciais para o desenvolvimento e aprimoramento desta dissertação. Sua postura crítica e construtiva me proporcionou um aprendizado ímpar e me impulsionou a buscar a excelência em minha pesquisa. Sou profundamente grato por sua mentoria e por ter me guiado nesta jornada acadêmica.

Ao Professor Dr. Humberto Rodrigues Francisco, meu coorientador, agradeço a valiosa colaboração, as sugestões relevantes e o incentivo constante. Sua expertise na área contribuiu significativamente para a qualidade desta pesquisa. Sua disponibilidade e empenho foram fundamentais para o meu crescimento intelectual e profissional.

Ao Professor Dr. Aldi Feiden, agradeço pelas valiosas contribuições e sugestões. Sua participação foi de grande importância para o aprimoramento do meu trabalho.

Ao amigo Dr. Rafael Soares, agradeço o apoio, a amizade e as sugestões importantes que me proporcionou. Sua colaboração foi fundamental para superar os desafios desta jornada.

Agradeço também a todos:

Professores do programa de pós-graduação pelas valiosas aulas e ensinamentos;

Colegas de pesquisa pelo companheirismo, pelas discussões enriquecedoras e pelo apoio mútuo;

Funcionários da instituição pela presteza e pelo suporte técnico;

Familiares e amigos pelo amor, pela compreensão e pelo incentivo constante.

Minha eterna gratidão.

# Análise geoespacial para estimativa da produtividade da piscicultura de tilápia na Microrregião de Toledo.

## RESUMO

O objetivo desse trabalho foi realizar uma análise espacial da produtividade da tilápia em quatorze municípios da região Oeste do Paraná, especificamente na microrregião de Toledo, utilizando o Sistema de Informações Geográficas (SIG). O estudo foi conduzido no período de março a outubro de 2022, utilizando o software QGIS 3.4.8. Foram mapeados e vetorizados um total de 9.024 viveiros escavados, representando uma área total de 2.863,21 hectares de lâmina d'água. Esses viveiros foram classificados em quatro categorias de tamanhos: micro (menores que 1.000 m<sup>2</sup>), pequeno (1.000 m<sup>2</sup> a 3.999 m<sup>2</sup>), médio (4.000 m<sup>2</sup> a 6.999 m<sup>2</sup>) e grande (maiores que 7.000 m<sup>2</sup>). Para o cálculo da produtividade, foram considerados apenas os viveiros escavados com área a partir de 1.000 m<sup>2</sup>. Foi adotada uma densidade média de 7 peixes/m<sup>2</sup>, peso médio final de 0,9 kg/m<sup>2</sup> e duração média de cultivo de 250 dias, com rendimentos médios de 94,5 toneladas/ha/ano. Estimou-se uma produção de 212.075,41 toneladas de tilápias por ano nos quatorze municípios da microrregião de Toledo, levando em consideração apenas os viveiros produtivos durante o período de mapeamento.

**Palavras-chave:** QGIS, SIG, vetorização, viveiros escavados.

*Geospatial analysis to estimate the productivity of tilapia fish farming in the Toledo Microregion.*

**ABSTRACT**

*The objective of this work was to carry out a spatial analysis of tilapia productivity in fourteen municipalities in the western region of Paraná, specifically in the micro-region of Toledo, using the Geographic Information System (GIS). The study was conducted from March to October 2022, using the QGIS 3.4.8 software. A total of 9,024 excavated ponds were mapped and vectorized, representing a total area of 2,863.21 hectares of water depth. These nurseries were classified into four size categories: micro (smaller than 1,000 m<sup>2</sup>), small (1,000 m<sup>2</sup> to 3,999 m<sup>2</sup>), medium (4,000 m<sup>2</sup> to 6,999 m<sup>2</sup>) and large (larger than 7,000 m<sup>2</sup>). To calculate productivity, only excavated nurseries with an area of 1,000 m<sup>2</sup> or more were considered. An average density of 7 fish/m<sup>2</sup>, average final weight of 0.9 kg/m<sup>2</sup> and average cultivation duration of 250 days were adopted, with average yields of 94.5 tons/ha/year. A production of 212,075.41 tons of tilapia per year was estimated in the fourteen municipalities of the Toledo microregion, taking into account only the productive ponds during the mapping period.*

**Keywords:** *QGIS, GIS, vectorization, excavated nurseries.*

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
2.1. Área de estudo.....	11
2.2. Escolha da região e do pescado.....	12
2.3. Sistema de Informações Geográficas — SIG.....	13
2.4. Mapeamento dos viveiros.....	15
2.5. Estimador de calor de Kernel – KDE.....	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
3.1. Análise dos dados.....	17
3.2. Estimador de calor de Kernel – KDE.....	23
4. CONCLUSÃO.....	24
REFERÊNCIAS .....	26

## 1. INTRODUÇÃO

Mesmo diante do cenário mundial causado pela pandemia de COVID 19 em 2020 reduzindo a produção pesqueira por captura, a aquicultura mundial teve um crescimento contínuo ainda que de forma mais lenta, contribuindo com um percentual recorde de 49,2% para a produção de animais aquáticos no ano de 2020 (FAO, 2022).

No Brasil a piscicultura teve um leve crescimento de 5,63% de acordo com o Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), utilizando o levantamento da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) referente a produção por tipo de produto, passando de 582.600,17 toneladas em 2021 para 617.336,56 toneladas em 2022, e a tilápia por ser a espécie mais cultivadas no Brasil, teve um crescimento positivo de 9,7% em relação ao ano de 2021, atingindo 408.350,40 toneladas, representando 66,15% da produção total de peixes de cultivo (IBGE, 2023).

A piscicultura brasileira passou a consolidar-se como atividade empresarial na década de 1980, e o estado do Paraná foi o primeiro que iniciou o processo de organização da atividade, implantando frigoríficos voltados especificamente para o processamento e beneficiamento de tilápia (FIGUEIREDO JUNIOR e VALENTE JÚNIOR, 2008).

O estado do Paraná vem liderando a produção nacional nos últimos anos, chegando a um total de 167.122,57 toneladas em 2022, um incremento de 13,3% em relação ao ano de 2021, e a tilápia por sua vez, representa cerca de 96,65% da produção da piscicultura no estado (IBGE, 2023).

A região Oeste do estado do Paraná é um dos principais polos produtivos de tilápia no Brasil, e sua produção se dá principalmente em viveiros escavados, e relaciona o protagonismo paranaense ao pioneirismo no cultivo da espécie (SCHULTER; VIEIRA FILHO, 2017).

Levando se em consideração o grande crescimento da cadeia produtiva de peixes na região Oeste do Paraná, foi realizada uma análise dos espaços geográficos de implantação das pisciculturas e das lâminas de águas utilizadas no ramo aquícola.

Para essa análise foi necessário o uso de geotecnologias que permitiram melhor gerenciamento das informações e tomadas de decisões. De acordo com Câmara e Davis (2001), com o georreferenciamento da informação foi possível estabelecer o geoprocessamento para tratar as informações geográficas através do uso de ferramentas computacionais e matemáticas.

As geotecnologias têm se mostrado ferramentas essenciais para o desenvolvimento sustentável da aquicultura. O uso dessas tecnologias permite determinar o potencial aquícola da região, identificar áreas de maior potencial e evitar gastos desnecessários em áreas com menor potencial (BERNARDI, 2014; FEIDEN et al., 2018).

O mapeamento da região é fundamental para compreender a área destinada à atividade aquícola porque além de mostrar a localização auxiliam na quantificação de viveiros escavados, na cadeia logística e no licenciamento ambiental, tornando mais acessíveis as tomadas de decisões dos aquicultores e gestores facilitando o planejamento inicial, evitando impactos ambientais e permitindo o fomento adequado da aquicultura (FRANCISCO et al., 2019).

Foi utilizado um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para fazer a manipulação e cruzamento de dados coletados com bases de dados geográficas governamentais. O *software* utilizado foi o QGIS que é de código aberto e acesso livre, usado no processamento de dados geoespaciais. É um sistema que também fornece um navegador para arquivos espaciais e dentre suas funções é capaz de visualizar, analisar, criar e editar informações geoespaciais, além disso, também é possível fazer a publicação dessas informações (QGIS, 2021).

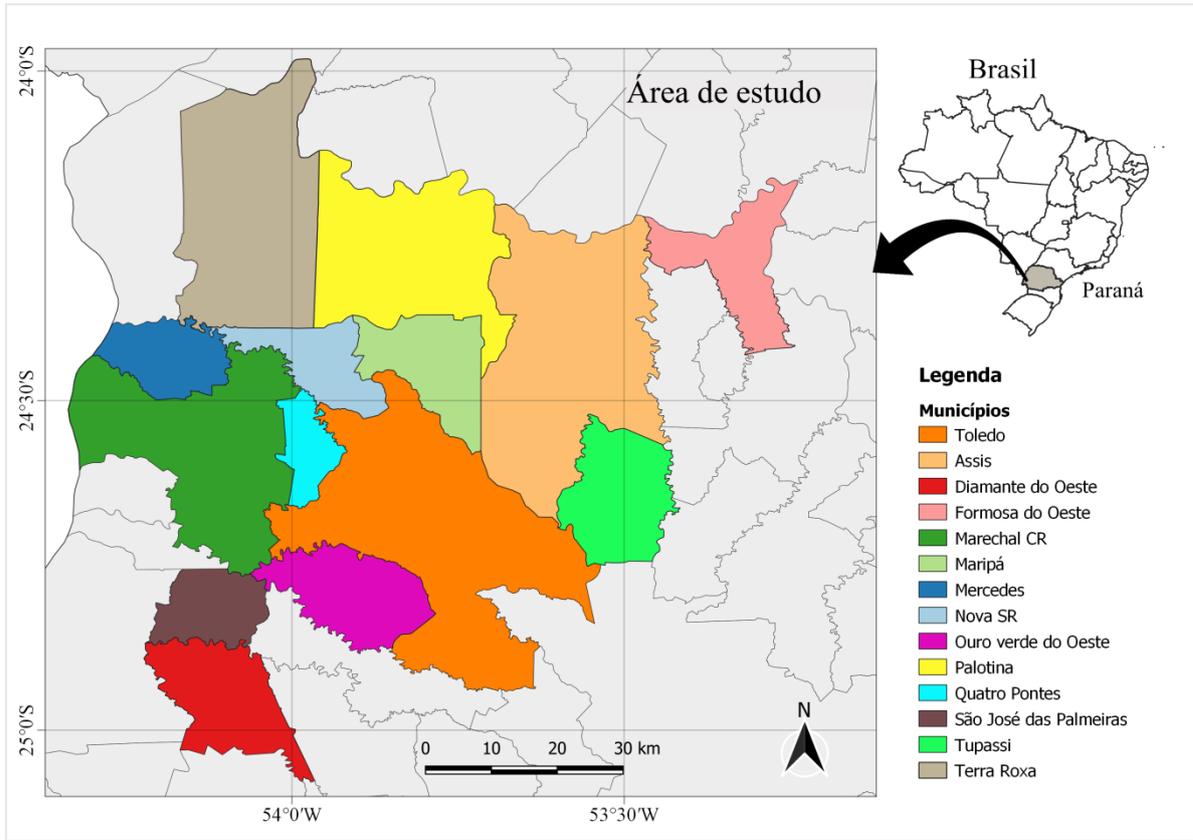
Nesse contexto este trabalho objetivou fazer uma análise espacial dos viveiros e estimar a produtividade da tilápia em quatorze municípios da região Oeste do estado do Paraná, situadas na microrregião de Toledo, utilizando Sistema de Informações Geográficas (SIG).

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudo**

O estudo foi realizado na região Oeste do Paraná, na microrregião de Toledo, que é composta por 21 municípios e destes foram selecionadas quatorze para fazer o mapeamento (Figura 1), sendo eles: Assis Chateaubriand; Diamante D'Oeste; Formosa do Oeste; Marechal Cândido Rondon; Maripá; Mercedes; Nova Santa Rosa; Ouro Verde do Oeste; Palotina; Quatro Pontes; São José das Palmeiras; Terra Roxa, Toledo e Tupãssi. No período de março a outubro de 2022. A área de estudo abrange uma extensão territorial de 6.536,608 Km<sup>2</sup> e tem uma população estimada de 334.788 habitantes (IBGE, 2023).

**Figura 1** – Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

## 2.2. Escolha da região e do pescado

De acordo com dados oficiais do IBGE (2023), a região Oeste do Paraná é a maior produtora de tilápias do país. Ela está dividida em três microrregiões, a Microrregião de Foz do Iguaçu, a Microrregião de Cascavel, e a Microrregião de Toledo a qual se destaca por ser a maior produtora de tilápias do estado e do país.

Das 537 microrregiões do Brasil 87 não produzem a tilápias e das 450 que produzem a microrregião de Toledo representa 22,27 por cento de toda a produção nacional. Dados do IBGE apresentam as dez microrregiões mais produtoras de tilápias no Brasil (Tabela 1).

**Tabela 1** – Microrregiões do Brasil mais produtoras de tilápias

<b>Ranking</b>	<b>Microrregiões</b>	<b>Tilápias em toneladas (t)</b>	<b>Representatividade (%)</b>
1º	Toledo (PR)	90.943,50	22,27
2º	Cascavel (PR)	41.097,05	10,06
3º	Itaparica (PE)	27.334,30	6,69
4º	Jales (SP)	19.110,50	4,68
5º	Paranaíba (MS)	17.966,91	4,40
6º	Três Marias (MG)	15.028,54	3,68
7º	Tubarão (SC)	11.672,00	2,86
8º	Franca (SP)	6.200,00	1,52
9º	Dourados (MS)	6.195,25	1,52
10º	Joinville (SC)	5.945,19	1,46
	Outras	166.857,17	40,86
	<b>Total</b>	<b>408.350,40</b>	<b>100,00</b>

Fonte: (IBGE – Pesquisa Pecuária Municipal, 2022). Elaborado pelos autores (2023).

De acordo com a Pesquisa Pecuária Municipal 2022 (IBGE, 2023), a microrregião de Toledo também produz outras espécies de peixes como carpa, pacu, patinga, tambaqui, tambacu, tambatinga e outras. No entanto, essas outras espécies representam menos de 1,00 por cento de toda a produção da piscicultura dessa área de estudo, sendo a tilápia responsável por 99,9 por cento dos peixes produzidos, e por isso foi escolhida para ser a espécie estudada.

### **2.3. Sistema de Informações Geográficas — SIG**

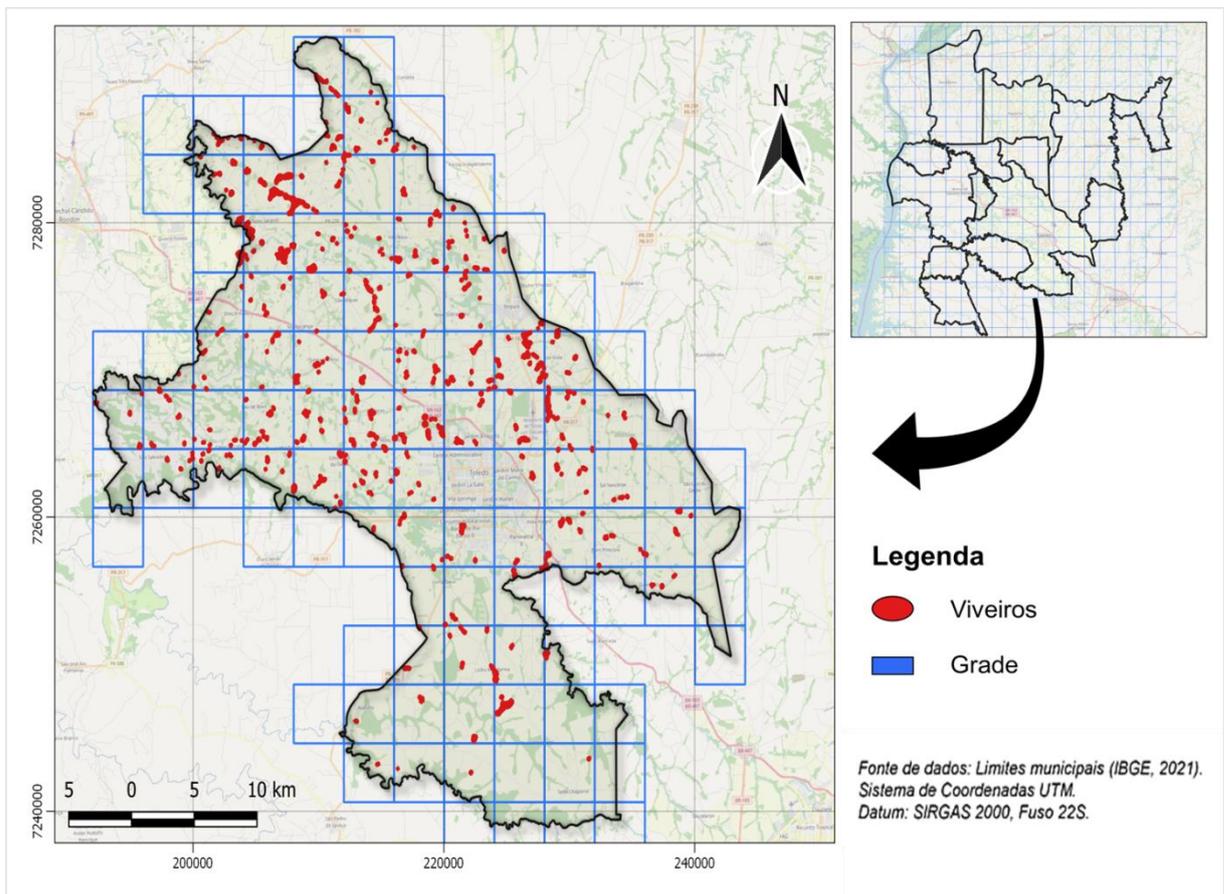
A base vetorial dos municípios para o estudo foi adquirida no *site* do IBGE por meio da base cartográfica contínua do IBGE na escala de 1:250.000. As análises foram realizadas em uma plataforma SIG utilizando o *software* QGIS 3.4.8 Madeira, no qual foi possível inserir e manipular a distribuição espacial da área estudada e georreferenciar as informações.

Para a vetorização dos viveiros foi construído um banco de dados específico para a camada Viveiros contendo os campos: nome do município; áreas vetorizadas; coordenadas UTM; identificação dos viveiros produtivos e não produtivo conforme (FRANCISCO et al., 2020).

Foi utilizado no QGIS o complemento *QuickMapServices*, o qual é usado para representar as feições projetadas abaixo, sobre ou acima da superfície terrestre. E utilizado o DATUM oficial do Brasil, SIRGAS2000, sistema de coordenadas UTM e fuso 22S.

Para realizar a vetorização de todas as pisciculturas identificadas nas imagens de satélite dos quatorze municípios da microrregião de Toledo-PR foi construída uma grade de inspeção para cada município no *software* QGIS através do complemento Criar Grade, com uma extensão de 16 Km<sup>2</sup> para facilitar a varredura visual em toda a área dos municípios (Figura 2).

**Figura 2** – Projeção ampliada dos viveiros: gradeamento no município de Toledo-PR.



Fonte: Elaborada pelos autores (2023)

## 2.4. Mapeamento dos viveiros

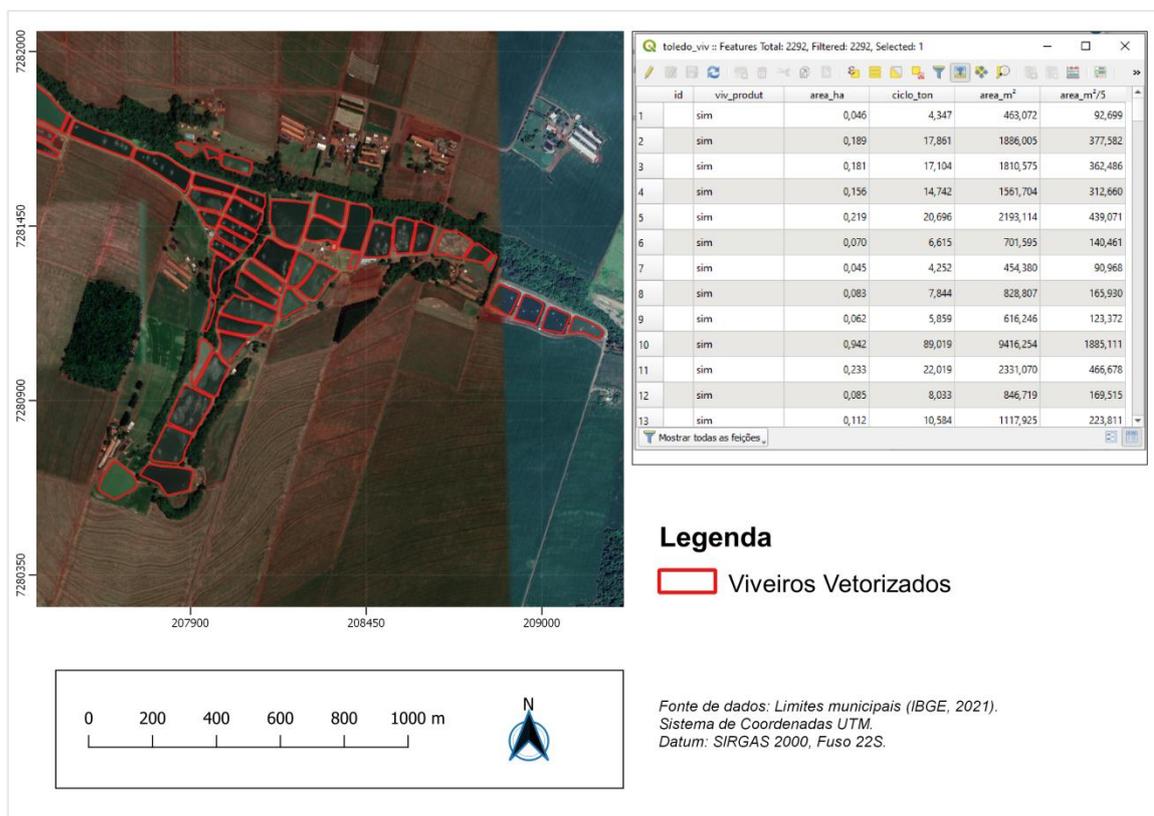
A vetorização no QGIS é o processo de digitalização de polígonos que representam lagoas, viveiros, tanques e etc., a fim de criar camadas vetoriais de informações espaciais no software SIG - Sistema de Informação Geográfica (QGIS, 2021).

É uma técnica de conversão de dados de imagens raster em um formato vetorial, no qual polígonos, linhas ou pontos são criados com base nas informações contidas na imagem ou mapa. No caso da vetorização dos viveiros, esta técnica é usada para criar camadas vetoriais que contêm informações precisas sobre a localização, forma e tamanho dos viveiros escavados (Figura 3).

Para obter análises precisas de dados vetoriais, é crucial construir de forma correta e adequada as geometrias das feições. Qualquer inconsistência nesse processo pode comprometer os resultados da análise (PAZ & SAMPAIO, 2016; FRANÇA, 2018).

Após a vetorização dos viveiros foi possível a manipulação do banco de dados e na tabela de atributos fazer os cálculos de área de cada viveiro em m<sup>2</sup>, da área em hectare, da produção por tonelada por hectare por ano, classificar os viveiros por tamanho, classificar os viveiros em produtivo e não produtivo e um raio de influência (Raio/5).

**Figura 3** – Viveiros vetorizados e armazenados no banco de dados.



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Os viveiros escavados foram classificados em quatro categorias de tamanhos, menores que 1.000 m<sup>2</sup> (micro), de 1.000 m<sup>2</sup> a 3.999 m<sup>2</sup> (pequeno), de 4.000 m<sup>2</sup> a 6.999 m<sup>2</sup> (médio) e maiores que 7.000 m<sup>2</sup> (grande). Foram considerados somente os viveiros escavados a partir de 1000 m<sup>2</sup> para cálculo de produtividade.

Para a padronização foi adotado densidade média de 7 peixes/m<sup>2</sup>, peso médio final de 0,9 kg/m<sup>2</sup> e duração de cultivo médio de 250 dias correspondendo a 1,5 ciclos por ano, com rendimentos médios de 94,5 toneladas/ha/ano adaptado de (FRANCISCO et al., 2020) que usou densidade de 5 peixes/m<sup>2</sup>, peso médio final de 0,9 kg/m<sup>2</sup> e 300 dias de cultivo (1,2 ciclos por ano) resultando em um rendimento médio de 54 toneladas/ha/ano.

Produtividade por hectare por ano em toneladas = 7 peixes/m<sup>2</sup> \* 0,9 kg/m<sup>2</sup> \* 1,5 ciclos/ano \* 10.000 m<sup>2</sup> = 94,5 toneladas/ha/ano.

Para os valores referentes a estimativa de produtividade da tilápias foram analisados de acordo com a metodologia de Francisco et al. (2020) usando as seguintes fórmulas:

Potencial produtivo estimado (PPE) = [(94,5 t/ha/ano) \* área mapeada em ha].

## **2.5. Estimador de calor de Kernel – KDE**

De acordo com Silverman (1986) a Estimativa de Densidade Kernel consiste em uma técnica não-paramétrica que é usada para fazer estimativas de densidade de probabilidade subjacente a uma amostra de dados. Sendo muito utilizada em diversas áreas, como na análise de séries temporais, na estatística espacial e na análise de dados ambientais.

É uma técnica de modelagem contínua de dados flexível e poderosa. É capaz de inferir a densidade de probabilidade de uma amostra de dados sem fazer suposições sobre a distribuição de dados (SCOTT, 2015). Essa técnica é utilizada para análise de dados espaciais, porque permite a visualização dos padrões de distribuição espacial de dados. Ela tem sido usada em diversos estudos para análise de padrões de distribuição (WAND e JONES, 1995).

Para estimar o potencial produtivo dos viveiros utilizou-se o estimador de calor de kernel que através da área de influência foi analisado o adensamento dos pontos. De acordo com Francisco et al. (2020) o KDE suaviza a superfície e calcula a densidade para cada área por meio da interpolação dos dados sem modificar suas características e variabilidade.

Utilizando a função kernel dentro do QGIS, podemos criar mapas de densidade, que representam a densidade de pontos em uma área. Para isso, foi adicionada a camada de pontos

desejada para criar o mapa de densidade. E no menu Processar foi selecionado a guia “Caixa de Ferramentas” e em seguida a guia “Estimativa de Densidade de Kernel”, no menu suspenso foi escolhido o raio (Raio/5), e ajustado o tamanho de pixel. Um tamanho de pixel menor resultará em uma resolução maior, enquanto um tamanho de maior resultará em uma resolução menor.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Análise dos dados**

Com base no mapeamento realizado nos quatorze municípios da Microrregião de Toledo foram identificados um total de 9.024 viveiros escavados, desse total, 7.449 viveiros foram classificados como produtivos por estarem cheios de água durante o período de mapeamento, ocupando uma área total de 2365,50 hectares, e 1.575 viveiros foram classificados como não produtivos por estarem vazios (sem água), sejam por motivos de calagem ou por quaisquer outros processos inerentes aos ciclos da piscicultura. Viveiros produtivos e não produtivos e a área total em hectares por município (Tabela 2).

**Tabela 2** – Viveiros e área em hectare de lâmina d'água ocupada por município.

<b>Municípios</b>	<b>Nº de Viveiros</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Não</b>	
			<b>Produtivos</b>	<b>Produtivos</b>
<b>Toledo</b>	<b>2.292</b>	<b>462,40</b>	<b>1.889</b>	<b>403</b>
<b>Palotina</b>	<b>1.139</b>	<b>430,04</b>	<b>996</b>	<b>143</b>
<b>Assis Chateaubriand</b>	<b>965</b>	<b>294,37</b>	<b>730</b>	<b>235</b>
Marechal C. Rondon	1.433	266,24	1.191	242
Nova Santa Rosa	742	207,38	587	155
Terra Roxa	368	189,81	325	43
Maripá	561	135,73	477	84
Tupãssi	319	135,68	292	27
Quatro Pontes	346	69,54	254	92
Ouro verde do Oeste	244	65,63	184	60
Formosa do Oeste	150	49,72	120	30
Mercedes	346	48,95	315	31
Diamante do Oeste	49	5,37	33	16
São José das Palmeiras	70	4,64	56	14
<b>Total</b>	<b>9.024</b>	<b>2.365,50</b>	<b>7.449</b>	<b>1.575</b>

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

De acordo com os dados do mapeamento, a cidade de Toledo apresenta maior quantidade de lâmina d'água para os viveiros produtivos durante o processo de vetorização, o que pode justificar ser considerada uma das cidades mais produtiva da região Oeste do Paraná. A microrregião de Toledo possui um Arranjo Produtivo Local (APL) da cadeia produtiva da piscicultura e esse setor teve um crescimento notável, impulsionando uma intensificação significativa na criação de tilápias (FEIDEN et al., 2018).

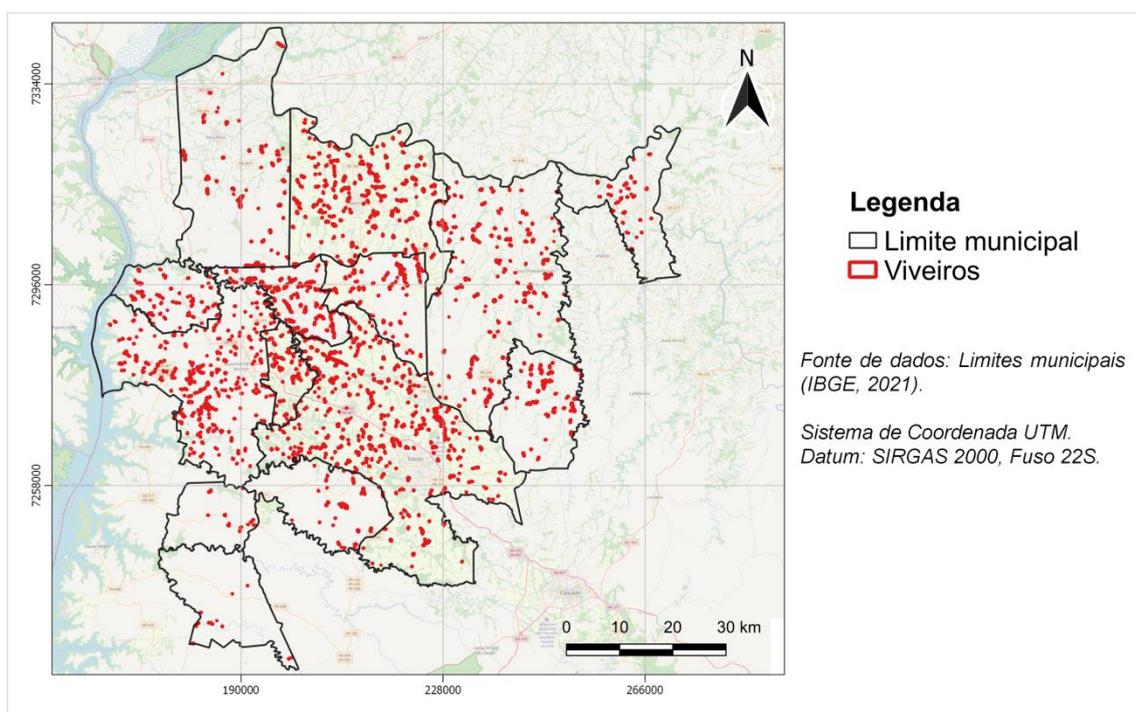
São José das Palmeiras com 70 viveiros escavados ocupa uma área de 4,64 hectares de lamina d'água, calculado para os 56 viveiros produtivos. Enquanto apenas 14 viveiros se encontravam vazios durante o mapeamento.

Segundo Leonardo (2017) e Brande (2017), medidas como desburocratização, assistência técnica e extensão rural eficazes podem tornar as pisciculturas familiares mais competitivas, viabilizando a comercialização em conformidade com as normas vigentes. A simplificação dos processos burocráticos e o suporte adequado fortalecem a capacidade

produtiva das famílias na piscicultura, melhorando a qualidade dos produtos e aumentando sua competitividade no mercado.

Por meio do Sistema de Informação Geográfica (SIG) os municípios mapeados da microrregião de Toledo podem ser visto de forma espacial visualizando melhor sua distribuição ao longo de cada limite municipal (Figura 4). Essas informações são importantes para entender a capacidade de produção aquícola em cada localidade e podem auxiliar na tomada de decisões relacionadas ao desenvolvimento e gestão da piscicultura nessas regiões.

**Figura 4** – Distribuição espacial, projeção ampliada dos viveiros.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Conforme a classificação dos viveiros em micro, pequeno, médio e grande (Tabela 3) é possível observar que a maioria dos viveiros escavados da área de estudo era de pequeno porte (de 1.000 m<sup>2</sup> a 3.999 m<sup>2</sup>) com um total de 4.416 representando 48,94% de todos os viveiros registrados.

No município de Toledo foi registrado o maior número de viveiros num total de 2.292 representando 25,40% e também foi registrado o maior número de viveiros de pequeno porte com 1.153 unidades representando 12,78%. O município de Diamante do Oeste foi o município com o menor número de viveiros escavados encontrados 49 unidades,

representando 0,54% do total, sendo predominantes os micros viveiros (menores que 1000 m<sup>2</sup>) com 28 unidades.

O aumento na intensificação da atividade de piscicultura tem exigido a remodelação e adequação de muitos viveiros para uma estrutura de produção agroindustrial, conforme apontado por Coldebella et al. (2020). Essa necessidade de remodelação e adaptação dos viveiros está relacionada ao objetivo de otimizar a produção, melhorar a eficiência e atender às demandas crescentes do mercado.

**Tabela 3 – Frequência absoluta e relativa por município**

<b>Municípios</b>	<b>Frequência Absoluta/Relativa (%)</b>				<b>Total</b>
	<b>Micro</b>	<b>Pequeno</b>	<b>Médio</b>	<b>Grande</b>	
<b>Toledo</b>	<b>784/8,64</b>	<b>1.153/12,78</b>	<b>208/2,30</b>	<b>147/1,63</b>	<b>2.292/25,40</b>
<b>Marechal C. Rondon</b>	<b>474/5,25</b>	<b>741/8,21</b>	<b>165/1,83</b>	<b>53/0,59</b>	<b>1.433/15,88</b>
<b>Palotina</b>	<b>190/2,11</b>	<b>542/6,01</b>	<b>202/2,24</b>	<b>205/2,27</b>	<b>1.139/12,62</b>
Mercedes	166/1,84	159/1,76	13/0,14	8/0,09	346/3,83
Assis Chateaubriand	156/1,73	473/5,24	165/1,83	171/1,89	965/10,69
Nova Santa Rosa	132/1,46	378/4,19	129/1,43	103/1,14	742/8,22
Maripá	97/1,07	334/3,70	104/1,15	26/0,29	561/6,22
Quatro Pontes	94/1,04	182/2,02	47/0,52	23/0,25	346/3,83
Tupãssi	67/0,74	132/1,46	66/0,73	54/0,60	319/3,54
Ouro Verde do Oeste	62/0,69	121/1,34	37/0,41	24/0,27	244/2,70
Terra Roxa	61/0,68	102/1,13	81/0,90	124/1,37	368/4,08
São José das Palmeiras	50/0,55	17/0,19	3/0,03	0/0,0	70/0,78
Formosa do Oeste	35/0,39	66/0,73	16/0,18	33/0,37	150/1,66
Diamante do Oeste	28/0,31	16/0,18	4/0,04	1/0,01	49/0,54
<b>Total</b>	<b>2.396/26,25</b>	<b>4.416/48,94</b>	<b>1.240/13,74</b>	<b>972/10,77</b>	<b>9.024/100</b>

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Explorando a tabela 3 podemos em síntese indicar que a atividade de piscicultura nessa região é desenvolvida por produtores Familiares que pode ter surgido de forma de forma desorganizada e aos poucos foi se adequando às novas tecnologias que surgiram e exigências do mercado consumidor. A maioria da piscicultura no Paraná é realizada em

viveiros escavados localizados em propriedades de exploração familiar (MORSOLETO et al, 2022). O crescimento da atividade aquícola ocorreu de forma gradual ao longo das décadas de 1980 e 1990, e foi impulsionado pelo surgimento e expansão de agroindústrias cooperativas (FERRERA et al., 2005).

O município de Diamante D'Oeste indica maior atividade com características de atividade familiar por apresentar 57% de seus viveiros escavados como micro viveiros podendo estar relacionado aos pequenos produtores. Os dados do IBGE (2023) também demonstram esse município como de menor produtividade aquícola entre os quatorze mapeados na microrregião de Toledo.

A predominância de viveiros de grande porte (acima de 7000 m<sup>2</sup>) no município de Terra Roxa, em comparação com as demais cidades da microrregião de Toledo, pode ser atribuída a uma combinação de fatores específicos relacionados às características locais e às demandas do mercado. Outro fator pode ser a presença de empresas ou produtores com capacidade financeira e estrutura para investir em viveiros de grande porte em Terra Roxa. Esses produtores podem ter identificado oportunidades de mercado ou vantagens competitivas que justifiquem a construção de viveiros maiores.

De acordo com o estudo de Welter et al. (2021), a aquicultura desempenhou um papel transformador no município de Maripá, influenciando positivamente toda a região, foram observados incentivos e uma sinergia entre os diversos atores da cadeia produtiva, resultando em conquistas altamente satisfatórias.

Seguindo a metodologia adaptado de Francisco et al., (2020), para o calculo de estimativa da produtividade foram usados somente os viveiros a partir de 1000 m<sup>2</sup> (Tabela 4).

**Tabela 4** – Estimativa da produtividade por município.

<b>Municípios</b>	<b>Produtividade (ha/ano)</b>	<b>Viveiros produtivos</b>	<b>Área (ha)</b>
<b>Toledo</b>	<b>40.242,91</b>	<b>1.259,00</b>	<b>425,85</b>
<b>Palotina</b>	<b>39.673,61</b>	<b>824,00</b>	<b>419,83</b>
<b>Assis Chateaubriand</b>	<b>27.018,97</b>	<b>603,00</b>	<b>285,91</b>
Marechal C. Rondon	22.732,56	773,00	240,56
Nova Santa Rosa	18.890,82	475,00	199,90
Terra Roxa	17.651,42	272,00	186,79
Maripá	12.462,13	228,00	131,87
Tupãssi	12.310,21	392,00	130,27
Quatro Pontes	6.203,38	185,00	65,64
Ouro verde do Oeste	6.010,98	151,00	63,61
Formosa do Oeste	4.520,04	88,00	47,83
Mercedes	3.719,26	161,00	39,36
Diamante do Oeste	414,10	14,00	4,38
São José das Palmeiras	225,01	12,00	2,38
<b>Total</b>	<b>212.075,41</b>	<b>5.437,00</b>	<b>2.244,18</b>

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Estimou-se uma a produtividade de 212.075,41 toneladas de tilápias por ano nos municípios mapeados da microrregião de Toledo, levando em consideração só os viveiros produtivos durante o período de mapeamento.

A região oeste do Paraná é reconhecida como o maior polo de produção de peixes em viveiros escavados e na industrialização de filés na piscicultura brasileira. Com 24 entrepostos de pescado de pequeno, médio e grande porte, essa região se destaca como o principal centro de produção e comercialização de peixes. Sua consolidação como a maior produtora de tilápia do Brasil é impulsionada pela proximidade entre os entrepostos e a associação cooperada dos piscicultores (FEIDEN et al., 2022).

Entre os três municípios com maior capacidade de produção da tilápia estão Toledo com a mais alta, apresentando uma produtividade de 40.242,91 kg/ha/ano e viveiros produtivos cobrindo uma área de 425,85 hectares. Seguido por Palotina que apresenta uma produtividade significativa, com 39.673,61 kg/ha/ano e viveiros produtivos em 419,83 hectares. E Assis Chateaubriand tem uma produtividade de 27.018,97 kg/ha/ano e

viveiros produtivos em 285,91 hectares. Levando em consideração a área de estudo, esses três municípios juntos representam 50% da capacidade de produção.

A modernização na agricultura e a sua integração ao modelo agrícola brasileiro tiveram um impacto significativo nas relações sociais, na cultura e na estrutura de produção agropecuária da região oeste do Paraná. Essas mudanças trouxeram repercussões profundas, alterando a forma como as pessoas se relacionam, influenciando a cultura local e transformando a maneira como a agricultura e a pecuária são realizadas nessa região (ALVES et al., 2013).

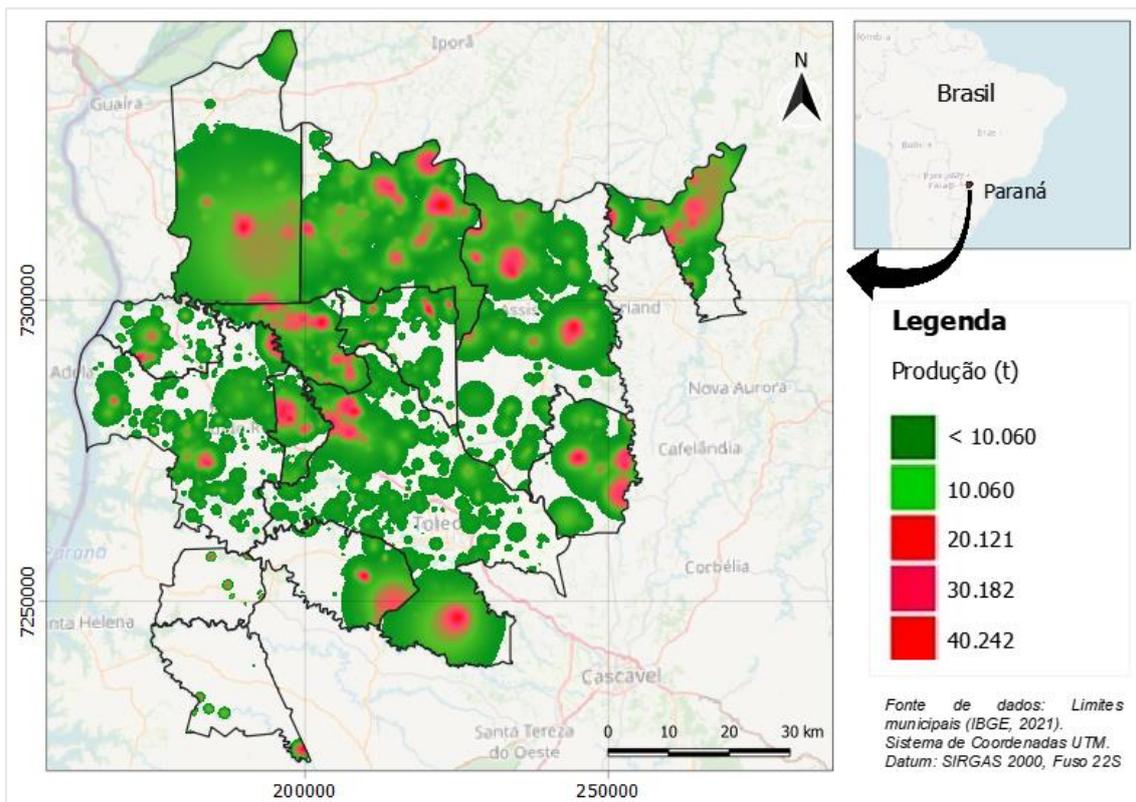
De acordo com o Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), utilizando o levantamento da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) referente à produção por tipo de produto, registrou uma produção de 83.678,00 toneladas de tilápias nessas mesmas cidades em 2022 (IBGE, 2023).

Essas diferenças podem ser atribuídas a diferentes metodologias de coleta de dados, períodos de análise, fontes de informação e escopos geográficos específicos de cada estudo. É importante considerar essas variações ao interpretar e comparar os resultados dessas pesquisas.

### **3.2. Estimador de calor de Kernel – KDE**

O (KDE) também conhecido como mapa de calor, é uma técnica que foi utilizada para avaliar a distribuição espacial dos viveiros de produção de tilápia. Seguindo a metodologia de Francisco et al., (2020) foram feitas configurações no algoritmo para obter o melhor agrupamento dos viveiros especializados, representados como pontos. O parâmetro de campo estabelecido, Raio/5, permitiu um raio de pesquisa dinâmico para cada ponto. Isso foi combinado com o peso do campo (Ciclo\_ton), resultando em um controle refinado da influência distribuída em cada ponto. O Mapa de Calor permitiu visualizar os locais com maior densidade em relação ao volume estimado de produção da tilápia do Nilo, possibilitando a avaliação da distribuição espacial (Figura 5).

**Figura 5** – Distribuição espacial da capacidade de produção da tilápia na Microrregião de Toledo no estado do Paraná.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

No mapa resultante, as áreas em vermelho indicam uma maior densidade de viveiros. Por outro lado, as áreas em verde indicam regiões com proximidade entre os viveiros, porém com baixa capacidade de produção. A análise da distribuição espacial desempenha um papel fundamental na identificação de concentrações significativas de produção e na otimização do planejamento e gestão da aquicultura (FRANCISCO et al., 2020).

#### 4. CONCLUSÃO

A análise revelou que a piscicultura na Microrregião de Toledo possui 9.024 viveiros escavados, dos quais 7.449 estavam produtivos, e ocupavam uma área total de 2.366 hectares no período de análise. Toledo se destaca como um dos municípios mais produtivos, com maior quantidade de lâmina d'água nos viveiros. A estimativa de produtividade anual de tilápias nos municípios mapeados é de 212.075,41 toneladas, sendo a região oeste do Paraná reconhecida como o principal polo de produção de peixes em viveiros escavados, e a tilápia a

principal espécie cultivada. Através da análise de Kernel, foi possível obter uma estimativa precisa do potencial da tilápia na microrregião de Toledo, Paraná, resultando em maior eficiência e confiabilidade nos resultados, fornecendo informações para a identificação das áreas mais propícias à criação de tilápia. A industrialização do pescado teve um impacto significativo na região e a análise espacial dos viveiros auxilia no planejamento e gestão da aquicultura. Essa metodologia do uso de geotecnologias para mapeamento e estimativa de produção são ferramentas importantes para gestão da aquicultura e agroindustrialização do pescado.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, L. R., BILHA CRUZ, L., FERRERA DE LIMA, J., & PIFFER, M. (2013). O Capital Social na Microrregião de Toledo-PR – 1985/2009. *Desenvolvimento Em Questão*, 11(22), 139–172. <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2013.22.139-172>
- BERNARDI, L. Manual de Plano de Negócios: fundamentos, processos e estruturação. 2ª edição. São Paulo–SP, Editora Atlas, 213p, 2014.
- BRANDE, M.R. Modelagem do crescimento corporal e análise de cenários econômicos da produção de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) em sistema semi-intensivo na região do Vale do Ribeira, São Paulo. 2017. 59f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, SP.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C. Fundamento de geoprocessamento. In: CÂMARA, C; MOREIRA, F.R.; BARBOSA FILHO, C.R.A.; BÖNISCH, S. Introdução a ciência da geoinformação. São José do Campos: INPE, 2001.
- 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. *Research, Society and Development*, 9(11), e1319119699-e1319119699.
- FEIDEN, A., MACEDO, H. R., VARGAS, J. M., CHIDICHIMA, A. C., SILVA, K. C., PIRES, G. K. G. & SIGNOR, A. (2022). Produção e rendimento industrial de entrepostos de pescado de pequeno porte do oeste do Paraná, *Research, Society and Development*, 11(11), e426111133673, <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i11.33673>
- FEIDEN, A., RAMOS, M.J, CHIDICHIMA, A.C, SCHMIDT, C.M, FIORESE, M.L & COLDEBELLA, A. (2018). A cadeia produtiva da tilápia no oeste do Paraná: uma análise sobre a formação de um arranjo produtivo local. *Redes*. 23. pp.238-263.
- FERRERA DE LIMA, J. ; ALVES, L. R.; PIFFER, M.; PIACENTI, C. A. O continuum setorial regional dos municípios da mesorregião Oeste paranaense. In: XLIII CONGRESSO DA SOBER: Instituições, Eficiência, Gestão e Contratos no Sistema Agroindustrial, 2005, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: SOBER, 2005.

FIGUEIREDO JÚNIOR, C. A.; VALENTE JÚNIOR, A. S. Cultivo de tilápias no Brasil: origens e cenário atual. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Fortaleza. (2008).

FRANÇA, L. L. S. Topological validation of drainage network with QGIS. Anais 7º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Jardim, MS. Embrapa Informática Agropecuária/INPE. 2018.

FRANCISCO, H. R., CORRÊIA, A. F., & FEIDEN, A. (2019). Classification of Areas Suitable for Fish Farming Using Geotechnology and Multi-Criteria Analysis. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(9), 394. <https://doi.org/10.3390/ijgi8090394>

FRANCISCO, HR; COLDEBELLA, A.; CORRÊIA, AF; FEIDEN, A. Análise espacial de eventos pontuais para estimar o potencial produtivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, [S. l.] , v. 9, n. 9, pág. e855998038, 2020. DOI: 10.33448 / rsd-v9i9.8038. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/8038>. Acesso em: 21 nov. 2021.

IBGE — INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário. Rio de Janeiro: IBGE. 2023. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3940> > Acesso em: 25 de Novembro de 2023.

LEONARDO, A.F.G.; CORREA, C.F.; BACCARIN, A.L. Qualidade da água de um reservatório submetido à criação de tilápias em tanques-rede, no sul de São Paulo, Brasil. Bol. Inst. Pesca, v.37, p.341-354, 2011.

MORSOLETO, F. M. S., JAPENISKI, N. P., WERNECK, P. R., LIRA, K. C. S., FRANCISCO, H. R., BITTENCOURT, F., SIGNOR, A., FEIDEN, A. 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, 2022.

PAZ, O. L. S. SAMPAIO, T. V. M. Qualidade de dados espaciais vetoriais disponibilizados para o estado do Paraná. XXXII Semana de Geografia. Anais do 1º Encontro de Tecnologias Geográficas e Contemporaneidades. p. 365-376. 2016.

QGIS. Development Team. QGIS Geographic Information System. Open-Source Geospatial Foundation Project, 2021. Disponível em: <[https://www.qgis.org/pt\\_BR/site/about/features.html](https://www.qgis.org/pt_BR/site/about/features.html)>. acesso em: 25 de outubro de 2022.

SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO J. E. R. Evolução da piscicultura no brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia. Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília. (2017).

SCOTT, D. W. (2015). Multivariate density estimation: theory, practice, and visualization (2nd ed.). John Wiley & Sons.

SILVERMAN, B. W. (1986). Density estimation for statistics and data analysis. Chapman & Hall/CRC.

WAND, M. P., & JONES, M. C. (1995). Kernel smoothing (Vol. 60). CRC press.

WELTER, E. C., RIEDO, I. G., COLDEBELLA, A., & FEIDEN, A. (2021). A piscicultura como motor do desenvolvimento local e regional da atividade agropecuária: o caso de Maripá/PR. Research, Society and Development, 10 (10). e95101018565. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18565>