

XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL DA AGROPECUÁRIA NOS CORPOS HÍDRICOS DA MESORREGIÃO OESTE DO PARANÁ

EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF FARMING ON WATER BODIES
IN THE WESTERN MESOREGION OF PARANÁ

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA EN
LOS CUERPOS DE AGUA DE LA MESOREGIÓN OESTE DEL PARANÁ

Alexandra Andrade de Almeida Cardoso ¹

Jorceli de Barros Chaparro ²

Leandro José de Oliveira ³

Carlos Alberto Piacenti ⁴

Área Temática: Economia Agrícola e Meio Ambiente.

JEL Code : Q13 ; Q25 ; Q56

Resumo: Este artigo avaliou o impacto ambiental da agropecuária nos corpos hídricos da Mesorregião Oeste do Paraná entre 2000 e 2021, utilizando dados em painel (dados longitudinais). Foram analisadas 11 variáveis no período, sendo uma variável dependente e dez variáveis independentes. Entre as variáveis significativas, a proporção da área com irrigação (X2) apresentou uma relação positiva inesperada com a área de corpos hídricos. A proporção da precipitação acumulada (X4) mostrou uma relação inversa, ou seja, quanto maior a precipitação, menor a área dos corpos hídricos. As variáveis referentes ao efetivo de bovinos (X9) e suínos (X10) também apresentaram relações negativas com a proporção da área de corpos hídricos. Os resultados indicam que a atividade agropecuária está impactando negativamente a área dos corpos hídricos na mesorregião.

Palavras-chave: Agropecuária; corpos hídricos; impacto ambiental.

Abstract: This article assessed the environmental impact of farming on water bodies in the Western Mesoregion of Paraná between 2000 and 2021, using panel data (longitudinal data). Eleven variables were analysed over the period, with one dependent variable and ten independent variables. Among the significant variables, the proportion of irrigated area (X2) showed an unexpected positive relationship with the area of water bodies. The proportion of accumulated rainfall (X4) showed an inverse relationship, i.e. the higher the rainfall, the smaller the area of water bodies. The

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE/Campus de Toledo-PR, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5418-3127>. E-mail: alexandra.cardoso@grupointegrado.br

² Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE/Campus de Toledo-PR, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6160-1876>. E-mail: jorceli.chaparro@unioeste.br

³ Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE/Campus de Toledo-PR, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0550-0712>. E-mail: leandro.oliveira29@unioeste.br

⁴ Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE/Campus de Toledo-PR, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6874-7379>. E-mail: carlos.piacenti@unioeste.br



XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

variables relating to the number of cattle (X9) and pigs (X10) also showed a negative relationship with the proportion of the area of water bodies. The results indicate that agricultural activity is having a negative impact on the area of water bodies in the mesoregion.

Key-words: Farming; water bodies; environmental impact.

Resumen: Este artículo evaluó el impacto ambiental de la actividad agropecuaria en las masas de agua de la Mesorregión Oeste de Paraná entre 2000 y 2021, utilizando datos de panel (datos longitudinales). Se analizaron once variables a lo largo del período, con una variable dependiente y diez variables independientes. Entre las variables significativas, la proporción de área irrigada (X2) mostró una relación positiva inesperada con el área de cuerpos de agua. La proporción de precipitaciones acumuladas (X4) mostró una relación inversa, es decir, a mayor pluviosidad, menor superficie de masas de agua. Las variables relativas al número de bovinos (X9) y porcinos (X10) también mostraron una relación negativa con la proporción de la superficie de las masas de agua. Los resultados indican que la actividad agrícola tiene un impacto negativo en la superficie de las masas de agua de la mesoregión.

Palabras-clave: Agricultura; masas de agua; impacto ambiental.

Introdução.

Apesar de sua grande importância para o desenvolvimento econômico, o agronegócio é frequentemente associado a uma elevada demanda por água e, ocasionalmente, à escassez desse recurso. Esse vínculo negativo se deve à gestão inadequada dos recursos hídricos, aos impactos ambientais adversos e à falta de compreensão sobre a quantidade de água utilizada (Montoya & Finamore, 2020). Estes autores destacam que embora o Brasil detenha 12% das reservas mundiais de água doce, a distribuição deste recurso é desigual, tanto em termos geográficos quanto demográficos.

De acordo com o relatório de 2021 da Agência Nacional da Água – ANA, a demanda por água no Brasil está crescendo, principalmente devido ao abastecimento urbano, à indústria e à agricultura irrigada. Nas últimas duas décadas, a retirada de água para irrigação aumentou de 640 para 965 m³/s, representando cerca de 50% do total em 2020. O mesmo relatório indica que as mudanças climáticas podem elevar a demanda por irrigação em 15% até 2040, especialmente nas áreas de agropecuária e agroindústria (Ana, 2021).

As maiores demandas de água no país estão concentradas nas Unidades de Gestão de Recursos Hídricos (UGRHs) dos rios São Francisco, Paraná, Uruguai, Tocantins-Araguaia, Paranaíba e Grande. No Paraná, a agropecuária é um pilar econômico fundamental. Em 2017, o agronegócio representou 33,86% da economia do estado, que possuía 10,7 milhões de hectares dedicados à produção agrícola (Oliveira; Kureski; Santos, 2020). Estimativas apontam que o uso de água na agricultura paranaense continuará a crescer. Ferrarini (2022) projeta um aumento de 18,9% no uso de água, passando de 190 milhões de m³/ano em 2017 para mais de 226 milhões de m³/ano em 2030.

Diante desse panorama, torna-se essencial investigar o impacto ambiental da agropecuária nos corpos hídricos da Mesorregião Oeste do Paraná entre 2000 e 2021. Este estudo busca explorar a relação entre a produção agrícola e o uso dos recursos hídricos, fornecendo uma compreensão mais profunda sobre como a atividade agropecuária afeta a disponibilidade e a qualidade da água na região.



XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

Procedimentos Adotados.

Para atender à proposição da presente pesquisa, utilizou-se uma abordagem quantitativa de natureza explicativa. De acordo com Lozada e Nunes (2018), esse tipo de pesquisa tem como objetivo central identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de um determinado fato. Nesse aspecto, como o objetivo desta pesquisa visa analisar o impacto ambiental da agropecuária nos corpos hídricos da mesorregião Oeste do Paraná, optou-se por empregar a técnica de dados em painel também conhecida como dados longitudinais.

De modo geral, como o objetivo é estimar os parâmetros de um modelo Y_{it} em função de $X_{1it}, X_{2it}, \dots, X_{kit}$, segundo Fávero e Belfiore (2022), podemos definir a expressão geral de um modelo longitudinal de regressão da seguinte forma:

$$Y_{it} = \alpha_i + b_1 \cdot X_{1it} + b_2 \cdot X_{2it} + \dots + b_k \cdot X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Em que: Y representa o fenômeno em estudo (variável dependente que varia entre indivíduos e ao longo do tempo); α_i : representa o intercepto para cada indivíduo e pode assumir efeitos fixos ou aleatórios; b_j ($j=1,2,\dots,k$) são os coeficientes de cada variável, X_j são as variáveis explicativas, que também variam entre indivíduos e ao longo do tempo, e ε : representa os termos de erro idiossincrático. Os subscritos i representam cada um dos indivíduos da amostra em análise ($i=1,2,\dots,n$, em que n é a quantidade de indivíduos na amostra) e os subscritos t representam os períodos em que são coletados os dados.

Segundo Vieira, Ceretta, e Da Fonseca (2011), existem, basicamente, três formas de simplificar e ajustar o modelo geral a fim de torná-lo mais funcional: Modelo Pooled, Fixed-Effects Model (Efeitos Fixos) e o Random Effects (Efeitos Aleatórios). No primeiro modelo o intercepto é o mesmo para toda a amostra, ou seja, assume-se que todos os elementos da amostra possuem comportamento idêntico. Nos modelos de Efeitos Fixos, os coeficientes podem variar de indivíduo para indivíduo ou no tempo, ainda que permaneçam como constantes fixas, logo, não aleatórias. Por último, tem-se ainda o modelo de Efeitos Aleatórios que segue a premissa de que a influência do comportamento do indivíduo ou o efeito do tempo não pode ser conhecido, não podendo ser observado e nem medido (Marques, 2000).

Para avaliar o impacto ambiental da agropecuária nos corpos hídricos da mesorregião Oeste do Paraná inicialmente foram analisadas 11 variáveis no período de 2000 a 2021, conforme o Quadro 1 a seguir:

Quadro 1 – Descrição das variáveis usadas no constructo do modelo

Cód.	Variáveis	Relação Esperada	Período	Fonte
Y	Proporção da área de corpos hídricos em relação a área total da unidade territorial (em %)	NA	2000-2021	MAPBIOMAS BRASIL
X1	Proporção da área de supressão da vegetação primária em relação a área total do território (em %)	Negativo (-)	2000-2021	MAPBIOMAS BRASIL



XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

X2	Proporção da área com irrigação (pivô central de irrigação, outros sistemas de irrigação e inundação) em relação a área total do território (em %)	Negativo (-)	2000-2021	MAPBIOMAS BRASIL
X3	Proporção da área queimada em relação a área total do território (em %)	Negativo (-)	2000-2021	MAPBIOMAS BRASIL
X4	Proporção da precipitação acumulada no período em relação a área total do território (em %)	Positivo (+)	2000-2021	SIMEPAR
X5	Proporção da área colhida de soja em relação a área total do território (em %)	Negativo (-)	2000-2021	PAM/IBGE
X6	Proporção da área colhida de milho em relação a área total do território (em %)	Negativo (-)	2000-2021	PAM/IBGE
X7	Proporção da área colhida de trigo em relação a área total do território (em %)	Negativo (-)	2000-2021	PAM/IBGE
X8	Proporção do efetivo de bovinos em relação a área total do território (em %)	Negativo (-)	2000-2021	PPM/IBGE
X9	Proporção do efetivo de suínos em relação a área total do território (em %)	Negativo (-)	2000-2021	PPM/IBGE
X10	Proporção do efetivo de galináceos (galinhas) em relação a área total do território (em %)	Negativo (-)	2000-2021	PPM/IBGE

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Resultados e discussão.

A Tabela 1 apresenta o sumário dos resultados estimados pelo Modelo de Efeitos Fixos. Logo, se considerarmos os critérios de informação BIC, HQC e AIC, a estimativa se mostrou adequada na explicação da variável dependente, pois em ambos os testes o valor detectado foi baixo.

Tabela 1 – Estimação robusta a heterocedasticidade do painel: Modelo de Efeito Fixo

Variável	Coefficiente	Erro Padrão	Estatística T	P-valor
C	4,433787	0,052830	83,925170	0,0000
X1	-0,036231	0,037028	-0,978474	0,3395
X2	0,160376	0,052128	3,076566	0,0060*
X3	-0,009186	0,017228	-0,533233	0,5997



XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

X4	-0,006412	0,002178	-2,943735	0,0080*
X5	-0,000465	0,000447	-1,039500	0,3110
X6	-0,000188	0,000317	-0,591442	0,5609
X7	-0,000533	0,000520	-1,024213	0,3180
X8	-0,001695	0,000771	-2,197123	0,0400**
X9	-0,000106	0,000041	-2,555318	0,0189**
X10	-0,000008	0,000038	-0,212339	0,8340
Raiz do erro quadrático médio (RMSE)	0,122247	Valor do R ²		0,999774
Média da variável dependente	4,264577	Valor do R ² ajustado		0,999760
Desvio padrão da variável dependente;	8,127371	Desvio padrão da regressão		0,125897
Critério de informação de Akaike (AIC)	-1,251262	Soma dos quadrados dos resíduos;		15,69152
Critério de Informação Bayesiano (BIC)	-0,968031	Valor da função de máxima verossimilhança		716,9128
Critério de Hannan-Quinn (HQC)	-1,143870	Estatística F		74079,08
Estatística de Durbin-Watson (DW)	0,305531	Valor-p da estatística F		0,000000

Significativo a 1% (*); 5% (**) e 10% (***).

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

O valor do R-quadrado ajustado denota que em conjunto as variáveis explicativas explicam 99% dos casos de influência ambiental da atividade agropecuária na proporção da área de corpos hídricos da mesorregião Oeste do Paraná. Os resultados evidenciam que do total de 10 variáveis explicativas usadas no modelo duas foram significativas a 1% e duas foram significativas a 5%.

A variável X2: proporção da área com irrigação apresentou sinal positivo, contrariando o esperado pela teoria, a água, na agricultura irrigada, é consumida, em sua maior parte, pela evapotranspiração das plantas e do solo, não retornando diretamente aos corpos hídricos de origem (Ferrarini, 2022). Nesta ocasião o aumento de uma unidade na proporção da área com irrigação aumenta em 0,1604 a proporção da área de corpos hídricos na mesorregião. Tal resultado pode ser explicado pela elevação da eficiência no uso da água na irrigação localizada, que para Coelho, Filho e Oliveira (2005), normalmente está associada a cultura como hortícolas e fruteiras, onde o gotejamento subsuperficial é o de maior eficiência (acima de 90 %), uma vez que as perdas de água por evaporação são as menores possíveis, pela própria posição do emissor no solo.

A variável X4: proporção da precipitação acumulada no período apresentou sinal negativo, mostrando uma relação inversa com a variável dependente. O coeficiente negativo indica que o aumento de uma unidade na proporção da precipitação acumulada diminui em -0,0064 a proporção da área de corpos hídricos na mesorregião. Na avaliação de Donat *et al.* (2016) as mudanças climáticas é um dos fatores mais expressivo no que concerne as alterações das chuvas.

A variável X9: proporção do efetivo de bovinos expressa uma relação negativa com a proporção da área de corpos hídricos. Logo, o aumento de uma unidade na proporção do efetivo de bovinos diminui em -0,0016 a proporção da área de corpos hídricos na mesorregião. Isso pode ocorrer devido a necessidade da manutenção das instalações animais, onde utiliza-se uma grande quantidade de água. Palhares (2001) observa que a água, ao ser usada para transporte de resíduos,



XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

tem sua qualidade prejudicada, impactando negativamente os sistemas aquáticos onde é despejada. Ele destaca que esse uso é comum na pecuária de leite e de corte, evidenciando a alta dependência da criação de animais por recursos hídricos.

A variável X10: proporção do efetivo de suínos evidencia uma relação negativa com a proporção da área de corpos hídricos. Isso indica que o aumento de uma unidade na proporção do efetivo de suínos diminui em -0,0001 a proporção da área de corpos hídricos na mesorregião. As demais variáveis: X1 e X3 que são associadas ao desmatamento e queimadas da vegetação primária; X5, X6 e X7: que são associadas a atividade agrícola e X10: que é associada a atividade da pecuária não apresentaram significância para o modelo em questão. Contudo, podemos deduzir através dos sinais negativos exibidos pelos coeficientes que existe uma relação negativa entre essas variáveis e a proporção da área de corpos hídricos na mesorregião Oeste do Paraná.

Considerações Finais.

Este estudo analisou o impacto ambiental da agropecuária nos corpos hídricos da mesorregião Oeste do Paraná entre 2000 e 2021, utilizando dados em painel balanceado com 50 municípios e 21 anos de observação, totalizando 1.050 registros. Os resultados indicam que, desde o início do século XXI, a atividade agropecuária, especialmente a produção de bovinos e suínos, tem exercido um impacto negativo significativo na área de corpos hídricos dessa mesorregião.

Ademais, tanto a proporção da área irrigada quanto a precipitação acumulada apresentaram significância estatística, embora suas relações com a área de corpos hídricos não tenham sido respaldadas pela literatura especializada. Isso aponta para a necessidade de futuras pesquisas com metodologias distintas para validar tais resultados e aprofundar a compreensão dos efeitos observados.

Apesar das limitações do modelo utilizado, o estudo evidencia a urgência de práticas agropecuárias sustentáveis. É essencial que a governança pública e os entes federativos articulem estratégias que promovam o desenvolvimento regional sustentável a longo prazo. Medidas efetivas podem mitigar os impactos da ação humana sobre os recursos naturais, garantindo benefícios econômicos e melhoria da qualidade de vida sem comprometer o futuro do planeta.

Agradecimentos.

Agradecimentos especiais ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), por meio dos editais Demanda Social (DS), Universal e Produtividade em Pesquisa (PQ).

Referências

ANA – Agência Nacional de Águas (Brasil). **Relatório de Conjuntura – 2021**. Disponível em: <<https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/usos-da-agua>>. Acesso em: 28 fev. 2024.

COELHO, Eugênio Ferreira. FILHO, Maurício Antônio Coelho. OLIVEIRA, Sizernando Luiz de. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, v.7, n.1, set. 2005.

DONAT, Markus G. et al. More extreme precipitation in the world's dry and wet regions. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 5, 508, 2016.



XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

FÁVERO, Luiz Paulo; BELFIORE, Patrícia. **Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel[®], SPSS[®] e Stata[®]**. – 1. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2022.

FERRARINI, Angel dos Santos Fachinelli. A Agricultura Irrigada no Paraná: expansão de áreas e uso de recursos hídricos. **REVISTA PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO**, Curitiba, v.43, n.142, p.41-59, jan./jun. 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Tabela 3939: Efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho – Pesquisa da Pecuária Municipal 2022 (PPM)**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>>. Acesso em: 01 mar. 2024.

LOZADA, G.; NUNES, K. S. **Metodologia científica** [recurso eletrônico] / Gisele Lozada, Karina da Silva Nunes; [revisão técnica: Ane Lise Pereira da Costa Dalcul]. – Porto Alegre: SAGAH, 2018.

MAP BIOMAS BRASIL (Brasil) (org.). **MAP BIOMAS (Cobertura e Uso da Terra)**. Disponível em: <<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>>. Acesso em: 01 mar. 2024.

MARQUES, Luís David. **Modelos dinâmicos com dados em painel: revisão de literatura**. Centro de estudos Macroeconômicos e Previsão, faculdade de Economia do Porto, 2000, 30: 37.

MONTOYA, Marco Antônio; FINAMORE, Eduardo Belisário. Os recursos hídricos no agronegócio brasileiro. Uma análise insumo-produto do uso, consumo, eficiência e intensidade. **Revista Brasileira de Economia**. Vol. 74, No. 4 (Out–Dez 2020) 441–464.

OLIVEIRA, Janielly A. KURESKI, Ricardo, SANTOS, Mari A. dos. **PIB do agronegócio do Paraná**. Nota Técnica IPARDES. Curitiba, n. 25, julho de 2020. Disponível em: <https://www.ipardes.pr.gov.br/sites/ipardes/arquivos_restritos/files/documento/2021-03/Nota_Tecnica_25.pdf>.

PALHARES, Julio Cesar P. **Impacto de criações animais na qualidade dos recursos hídricos no município de Jaboticabal (SP): subsídio para a sensibilização ambiental dos produtores rurais**. Tese (doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2001.

SIMEPAR. Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. **Dados das Estações**. Disponível: em <<http://previsao.simepar.br/prognozweb/simepar>> Acesso em: 01 mar. 2024.

VIEIRA, Kelmara Mendes; CERETTA, Paulo Sérgio; DA FONSECA, Juliara Lopes. Influência da variação da liquidez na precificação de ativos: análise em painel do mercado brasileiro no período de janeiro de 2000 a junho de 2008. **BBR-Brazilian Business Review**, 2011, 8.3: 41-65.

