

Estimando a produção comercial de peixes em Santa Catarina, Brasil, com base em registros de trânsito animal e modelos matemáticos

Robson Ventura de Souza¹, André Luis Tortato Novaes²

Resumo – Este estudo investigou a correlação entre dados de trânsito de peixes, registrados nas Guias de Trânsito Animal (GTAs), e estimativas de produção da piscicultura, com o objetivo de desenvolver modelos matemáticos para prever a produção comercial de peixes em Santa Catarina. Foram utilizados dados de GTA obtidos junto à Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (Cidasc) e estimativas de produção feitas pela Epagri, ambos gerados entre 2015 e 2021. Os dados foram combinados e modelos de regressão linear foram desenvolvidos a partir dos dados de diferentes grupos de peixes. Os resultados mostraram correlação significativa entre dados de GTA e estimativas de produção, com correlações importantes para tilápias ($R^2=0,69$) e trutas ($R^2=0,55$). Quando a produção do ano anterior foi adicionada aos modelos como variável preditora, os valores de R^2 dos modelos para tilápias e trutas aumentou para 0,89 e 0,80, respectivamente. A validação desses dois modelos para os anos de 2022 e 2023 indicou bom desempenho, com ótimo ajuste entre as previsões dos modelos e as estimativas da Epagri (R^2 acima de 0,95). No entanto, o modelo desenvolvido para trutas apresentou a tendência de subestimar a produção. Conclui-se que os modelos desenvolvidos são eficazes para prever a produção comercial de tilápias e, em menor grau, de trutas, em Santa Catarina.

Termos para indexação: Piscicultura; Previsão; Tilápia; Truta.

Estimating commercial fish production in Santa Catarina, Brazil, based on animal transport records and mathematical models

Abstract – This study investigated the correlation between fish transit data, recorded in the Animal Transit Guides (GTA), and fish farming production estimates to develop mathematical models to predict commercial fish production in Santa Catarina. GTA data provided by Cidasc and production estimates made by Epagri between 2015 and 2021 were used. The data was combined and linear regression models were developed based on data from different fish groups. The results showed a significant correlation between GTA data and production estimates, with important correlations for tilapia ($R^2=0.69$) and trout ($R^2=0.55$). When the previous year's production was added to the models as a predictor variable, the models' R^2 values for tilapia and trout increased to 0.89 and 0.80, respectively. The validation of these two models for 2022 and 2023 indicated good performance, with an excellent fit between the model's predictions and Epagri's estimates (R^2 above 0.95). However, the model developed for trout tended to underestimate production. It is concluded that the models produced are effective in predicting the commercial production of tilapia and, to a lesser extent, trout in Santa Catarina.

Index terms: Fish aquaculture; Forecast; Tilapia; Trout.

Introdução

Os levantamentos de dados para estimar os volumes de produção das diferentes atividades agropecuárias são importantes ações dos serviços de pesquisa e extensão da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri). Essas informações são fundamentais para monitorar a evolução dessas atividades e para em-

basar políticas públicas e, por isso, instituições de diferentes esferas do governo e da iniciativa privada acompanham atentamente esses dados (Souza; Silva; Novaes, 2022).

As informações levantadas e processadas pela Epagri são disponibilizadas ao público externo por meio de diferentes canais, como o portal de internet Observatório Agro Catarinense (www.observatorioagro.sc.gov.br) e a série

de documentos publicados anualmente intitulada "Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina". Nesses canais, existem seções dedicadas aos cultivos de organismos aquáticos, prática chamada aquicultura, onde são apresentados dados sobre a evolução do volume de produção de diferentes ramos dessa atividade, incluindo os cultivos de peixes (piscicultura) (Souza; Silva; Novaes, 2022).

Recebido em 30/07/2024. Aceito para publicação em 04/04/2025.

Editores: Luiz A. M. Peruch/ Epagri - Douglas da Cruz Matos/ UENF

¹ Médico-veterinário, Dr., Epagri / Centro de Desenvolvimento em Aquicultura e Pesca (Cedap), Rodovia Admar Gonzaga, 1.188, Itacorubi, CEP 88010-970, Florianópolis, SC, e-mail: robsonsouza@epagri.sc.gov.br.

² Engenheiro-agrônomo, Msc., Epagri / Cedap, e-mail: novaes@epagri.sc.gov.br.

DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v38i1.1895>

A estimativa da produção da piscicultura em Santa Catarina era historicamente feita pela Epagri com apoio das equipes dos seus escritórios locais (Silva *et al.*, 2017), distribuídos na quase totalidade dos municípios do Estado. A fim de obter dados para embasar essas estimativas, os técnicos da Epagri faziam contato com piscicultores, organizações de piscicultores e secretarias municipais de agricultura. A partir de 2021, a estratégia de atuação da empresa em relação a este levantamento mudou e apenas escritórios da Epagri com ações dedicadas à piscicultura passaram a gerar essa estimativa localmente. Isso representa em torno de 20% dos municípios catarinenses. Por esse motivo, foi preciso estabelecer uma nova estratégia para estimar a produção daqueles municípios onde a coleta de dados *in loco* deixou de ser feita. A proposta era fazer isso com base em dados secundários, isto é, dados que fossem coletados sistematicamente em todo o Estado e que tivessem relação direta com a produção de peixes. A Epagri analisou diferentes fontes e os dados que se mostraram mais promissores foram os de trânsito animal, registrados por meio das Guias de Trânsito Animal (GTAs). A GTA é o documento oficial para transporte animal no Brasil e contém informações essenciais sobre a rastreabilidade (origem, destino, finalidade, espécie, vacinações, entre outros). *Esse documento, que no território catarinense é emitido pela Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (Cidasc)*, é obrigatório para transitar animais, incluindo peixes, das propriedades rurais até os abatedouros, por exemplo.

O objetivo do presente estudo foi investigar como os dados de trânsito animal se correlacionam com as estimativas de produção historicamente feitas pela Epagri e verificar se é possível utilizar essas correlações para embasar modelos matemáticos que permitem estimar a produção comercial da piscicultura catarinense.

Material e métodos

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos de duas fontes:

1 - Estimativas de produção geradas pela Epagri: Essas estimativas foram feitas pelos extensionistas rurais da Epagri e incluem dados de produção em toneladas geradas por produtores profissionais/comerciais e amadores para diferentes grupos de peixes, como Tilápias, Carpas, Trutas, Bagres, Lambaris e outros, entre os anos de 2015 e 2021;

2 - Dados de trânsito animal: Dados disponíveis nas GTAs obtidos para o mesmo período e que incluem informações sobre grupos de peixes, número de peixes transportados e finalidade.

A primeira base de dados foi filtrada para incluir apenas as estimativas de produção de produtores profissionais/comerciais, uma vez que são justamente esses que enviam os peixes para abatedouros mediante emissão de GTA. A segunda base de dados foi filtrada para incluir apenas o número de peixes adultos transportados para fins de corte (abate). As bases de dados foram ajustadas de forma que pudessem ser combinadas. Para isso, as espécies de carpas foram agrupadas em uma única categoria denominada "Carpa" e os diferentes tipos de tilápias informados nas GTAs foram unificadas em uma categoria chamada "Tilápias". A base de dados combinada passou a ter, para cada ano e município, a produção estimada pela Epagri e o número de peixes transportados mediante GTA. Por fim, foi adicionada a essa base uma coluna com a produção do ano anterior para cada registro, com a finalidade de evidenciar a tendência temporal na produção.

Foram desenvolvidos modelos de regressão linear para prever a produção de peixes em um ano específico, com base nos dados de GTA desse mesmo ano e nas estimativas de produção da Epagri do ano anterior. Diferentes transformações dos dados foram feitas para garantir o melhor ajuste possível. *Foi gerado inicialmente um modelo combinando os dados de diferentes grupos de peixes e, em seguida, foram gerados modelos específicos para cada um desses grupos, permitindo uma análise mais detalhada.* Por fim, os modelos que apresentaram os melhores ajustes foram validados por meio da comparação das suas previsões

com as estimativas feitas pelos extensionistas da Epagri, em municípios que estimaram a produção de peixes localmente em 2022 e 2023.

Resultados e discussão

O modelo de regressão simples, tendo como variável preditora exclusivamente os dados de trânsito animal e como variável resposta a estimativa de produção de todos os grupos de peixes combinados, revelou uma correlação direta e um bom ajuste dos dados ao modelo ($R^2=0,69$, $p<0,00001$) (Figura 1). No entanto, quando a mesma análise foi feita por grupo de peixes, é possível notar que níveis de variância explicada (R^2) mais altos, de 69% e 55%, foram obtidos apenas para tilápias e para trutas, respectivamente, enquanto para os demais grupos de peixes, níveis menores que 28% foram observados (Figura 1). No caso dos outros grupos de peixes, é possível notar também que a maior parte dos registros é de municípios com produções importantes e sem registro de peixes transportados mediante GTA (pontos distribuídos na vertical sobre o valor zero do eixo X). Assim sendo, os poucos registros de trânsito desses grupos de peixes nesses modelos têm um alto poder de alavancagem, o que não é desejável para um modelo preditivo.

Quando a estimativa de produção do ano anterior foi adicionada aos modelos como variável preditora, os níveis de variância explicada aumentaram consideravelmente. Para o modelo que considerou dados de todas as espécies combinados, o nível de variância explicada foi 91% ($R^2=0,91$), enquanto para as tilápias e trutas os valores de R^2 foram de 89 e 80%, respectivamente. Considerando a limitação dos dados para outros grupos de peixes e os bons ajustes obtidos para os modelos para previsão da produção comercial de tilápias ($0,409625+0,007052 * GTA^0,5 + 0,842343 * PROD. ANO ANTERIOR^0,5$) e de trutas ($0,017253+0,006103 * GTA^0,5 + 0,618283 * PROD. ANO ANTERIOR^0,5$), estes foram selecionados para a etapa de validação.

A comparação das previsões desses

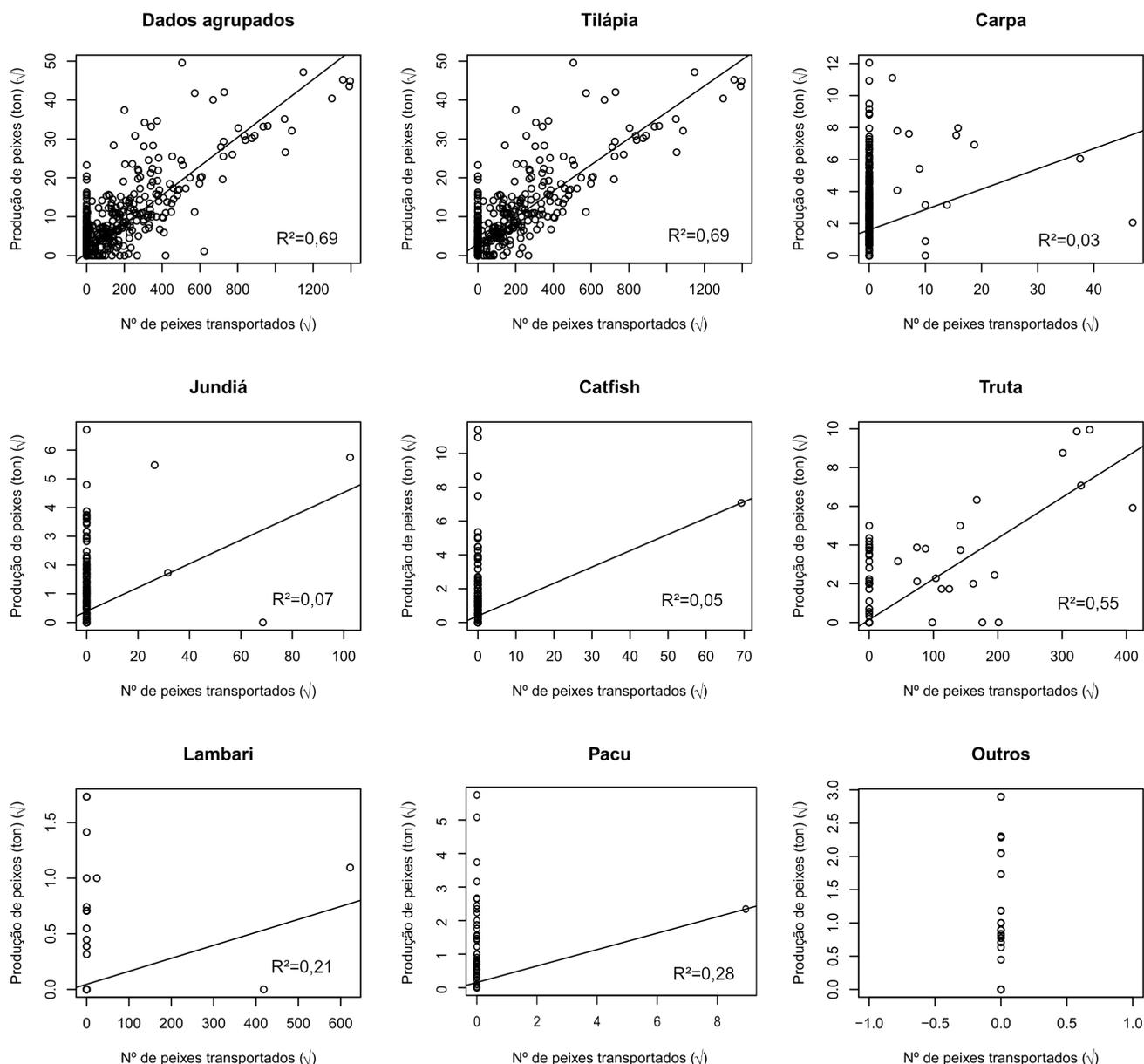


Figura 1. Correlações entre número de peixes transportados para abate de acordo com as GTAs e as estimativas de produção de peixes dos municípios catarinenses feitas pela Epagri. As linhas representam modelos de regressão para as análises em que correlações significativas ($p < 0,05$) foram detectadas. Os dados foram transformados por raiz quadrada ($\sqrt{}$)

Figure 1. Correlations between the number of fish transported for slaughter according to the GTAs and Epagri's estimates of fish production in the municipalities of Santa Catarina. Lines represent regression models for analyzes in which significant correlations ($p < 0.05$) were detected. Data were square root transformed ($\sqrt{}$)

dois modelos com as estimativas feitas pelos extensionistas da Epagri revelou um bom desempenho dos modelos. No caso das tilápias, os valores de R^2 foram acima de 98% em 2022 e 2023 e no caso das trutas os valores foram acima de 95% (Figura 2). A média das previsões dos modelos foi comparada com a das estimativas dos extensionistas com o objetivo de verificar tendências de super ou subestimação. No caso

das tilápias, as médias das projeções do modelo foram de 111,5 e 101,3 toneladas em 2022 e 2023 respectivamente, enquanto a média dos valores estimados pelos extensionistas foi de 112,8 e 104,5 toneladas. Já para as trutas, os valores médios das projeções dos modelos foram de 9,5 e 4,3 toneladas para 2022 e 2023, enquanto os extensionistas estimaram produções de 15,1 e 7,6 toneladas.

Os municípios em que os extensionistas da Epagri seguem estimando localmente a produção de peixes são responsáveis por cerca de 44% da produção catarinense. Nesses municípios, concentra-se a metade dos 20 maiores municípios produtores de peixes do Estado. Apesar desta amostra ter significativa importância e representatividade, uma parcela importante dos municípios que deixou de ter esse levantamento

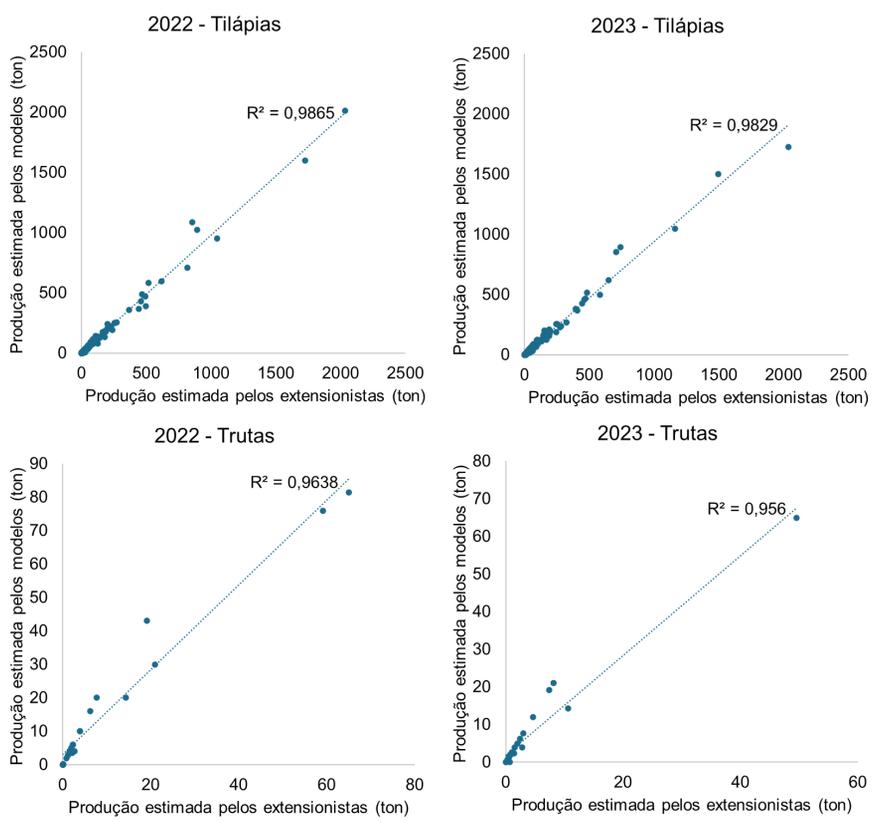


Figura 2. Correlações entre as estimativas de produção de peixes feitas pelos extensionistas da Epagri e as estimativas feitas por modelos matemáticos gerados no presente estudo para tilápias e para trutas para os anos de 2022 e 2023

Figure 2. Correlations between fish production estimates made by Epagri extension agents and estimates made by mathematical models developed in the present study for tilapias and trouts for the years 2022 and 2023

in loco (que representa mais da metade da produção estadual) carece de um método robusto para a previsão de suas produções.

Apesar de não termos encontrado na literatura estudos focados na produção da piscicultura, modelos matemáticos são ferramentas utilizadas para previsões de safras de diferentes ramos da agropecuária, como a produção de ovos (Otwindowska-Mindur; Gumułka; Kania-Gierdziewicz, 2016), de grãos (Sadenova *et al.*, 2021) e de mel (Campbell *et al.*, 2020). Os modelos desenvolvidos neste estudo se mostraram uma ferramenta promissora para apoiar a estimativa da produção de peixes em Santa Catarina. Os modelos para a previsão da produção de tilápias e trutas com base nos GTAs e na produção do ano anterior apresentaram níveis de variância explicada iguais ou acima de 80% e a

validação mostrou que suas previsões apresentaram ótimos ajustes com os dados estimados pelos técnicos da Epagri, com valores de R^2 acima de 95%. Somado a esses fatores, o fato de a média dos valores previstos pelo modelo desenvolvido para tilápias ser bastante próxima dos valores estimados pelos extensionistas proporciona bastante segurança para a adoção da ferramenta. No entanto, o modelo desenvolvido para as trutas teve a tendência de subestimar a produção e é preciso ponderar essa limitação no caso de seu uso.

A limitação da base de dados não permitiu o desenvolvimento de modelos robustos para outros grupos de peixes. Isso porque as tilápias representam 93% dos peixes produzidos por produtores profissionais/comerciais em SC (Epagri, 2024) e, por esse motivo, a maioria dos registros de GTA de peixes

é dessa espécie. As carpas, no entanto, são o segundo grupo de peixes mais produzido pelos profissionais (Epagri, 2024) e é possível notar pelos gráficos que muitos municípios com estimativas de produção comercial significativa (alguns com mais de 100 toneladas ano⁻¹) não têm registros de trânsito de peixes. Esse mesmo padrão pode ser observado para outros peixes, em menores proporções, como os bagres (*catfish* e jundiá). Como é difícil imaginar esses volumes significativos de pescado sendo absorvidos pelo mercado sem a necessidade de trânsito, pelo menos, de parte desses animais até abatedouros, fica evidente a informalidade na cadeia de comercialização desses animais.

Os modelos desenvolvidos se baseiam exclusivamente nos registros de GTA e nas estimativas de produção pretéritas feitas pela Epagri. Outros fatores, como variações de câmbio, enfermidades, problemas na disponibilidade de insumos, intempéries, não são parte integrante da equação que compõe os modelos desenvolvidos. No entanto, estes fatores são refletidos nos números das GTAs e indiretamente influenciam as projeções dos modelos. Todavia, é preciso ter em mente que modelos, em geral, servem para projeções em condições similares àquelas em que foram treinados (Ranapurwala *et al.*, 2019), no presente caso, em um panorama em que a piscicultura catarinense esteja em condições similares ao período compreendido entre 2015 e 2021. Projeções em cenários muito diferentes daquele devem ser analisadas com cuidado. É importante lembrar também que o uso a longo prazo destes modelos, com novas projeções feitas a partir de dados anteriormente previstos pelos modelos (previsão recursiva), pode enviesar os resultados (Herrera *et al.*, 2007). Por este motivo, pode ser importante treinar periodicamente os modelos com base em novos dados gerados pelos extensionistas de forma a viabilizar seu uso a longo prazo.

Por fim, o modelo desenvolvido pelo presente estudo para tilápias se mostrou uma ferramenta confiável e com potencial de resolver importante parte do problema das previsões de produção

em Santa Catarina no cenário atual, considerando a importância desta espécie nos números da piscicultura do Estado. No entanto, é preciso repensar como lidar com as estimativas de produção em um horizonte em que apenas 20% dos municípios tenham atualizações de suas produções feitas localmente.

Não faz parte do escopo deste estudo, mas é válido mencionar que é importante também monitorar as variações da produção amadora de peixes em Santa Catarina. Apesar de representar pouco menos de um quarto (23,8%) da produção total do Estado (Epagri, 2024), é esperado que a produção amadora sofra variações (provavelmente menos dinâmicas que a comercial) ao longo dos anos e é preciso pensar em alternativas para monitorar essas flutuações.

Algumas sugestões para a melhoria das projeções de produção nesse cenário que se apresenta desde 2021 são: 1 – O estímulo à emissão de GTAs de peixes em geral, uma vez que esse documento é obrigatório e se mostra cada vez mais importante como instrumento para embasar modelos matemáticos para estimativa de produção e que, por consequência, apoiam a tomada de decisões em relação a políticas públicas; 2 – Que se considere realizar o levantamento em uma fração dos municípios onde não existem ações dedicadas à piscicultura de forma alternada/revezada, de tal modo que a cada ciclo compreendido por alguns anos, todos os municípios do Estado tenham a sua produção atualizada para todos os grupos de peixes, considerando produtores amadores e profissionais; 3 – Que modelos matemáticos utilizados para a previsão de produção de peixes sejam retreinados periodicamente utilizando novos dados gerados *in loco* pelos técnicos da Epagri.

Conclusão

A produção comercial de tilápias em Santa Catarina pode ser prevista com base no modelo matemático desenvolvido tendo como variáveis preditoras o número de peixes transportados para abate, de acordo com registros nas GTAs

e a produção estimada para o ano anterior. Um modelo similar desenvolvido para trutas tendeu a subestimar a produção.

Credit

Robson Ventura de Souza: Conceituação, Curadoria de dados, Análise Formal, Metodologia, Administração do projeto, Escrita – primeira redação. André Luis Tortato Novaes: Obtenção de financiamento, Recursos, Escrita – revisão e edição.

Conflito de interesses

Os autores declaram não ter conflitos de interesses neste trabalho.

Dados de pesquisa

Dados de estimativa de produção de peixes gerados pela Epagri estão disponíveis na plataforma Observatório Agro Catarinense (www.observatorio-agro.sc.gov.br) para consulta e podem ser obtidos junto à Epagri. Os dados de trânsito animal podem ser obtidos junto à Cidasc.

Financiamento

Este trabalho recebeu financiamento da Epagri.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola da Epagri (Epagri/Cepa) e ao pesquisador Alexandre Luis Giehl pelo apoio na obtenção dos dados utilizados na pesquisa.

Referências

CAMPBELL, T.; DIXON, K. W.; DODS, K.; FEARN, P.; HANDCOCK, R. Machine Learning Regression Model for Predicting Honey Harvests. **Agriculture**, v.10, n.4, p.1-17, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10040118>

EPAGRI. **Observatório Agro Catarinense**. Epagri, Centro de Socioeconomia e

Planejamento Agrícola. Disponível em: <https://www.observatorioagro.sc.gov.br/areas-tematicas/producao-agropecuaria/paineis/> Acesso em: 24 jul. 2024.

HERRERA, L.J.; POMARES, H.; ROJAS, I.; GUILLÉN, A.; PRIETO, A.; Valenzuela, O. Recursive prediction for long term time series forecasting using advanced models. **Neurocomputing**, v.70, n.16–18, p. 2870-2880, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2006.04.015>.

OTWINOWSKA-MINDUR, A.; GUMUŁKA, M.; KANIA-GIERDZIEWICZ, J. Mathematical Models for Egg Production in Broiler Breeder Hens. **Annals of Animal Science**, v.16, n.4., p. 1185–1198, 2016. Disponível em: <https://sciendo.com/article/10.1515/aoas-2016-0037>. Acesso em: 04 abr. 2025.

RANAPURWALA, S.I.; CAVANAUGH, J.E.; YOUNG, T.; WU, H.; PEEK-ASA, C.; RAMIREZ, M.R. Public health application of predictive modeling: an example from farm vehicle crashes. **Injury Epidemiology**, v.6, 31. p. 1-11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40621-019-0208-9>

SADENOVA M.A.; BEISEKENOV N.A.; RAKHYMBERDINA M.Y.; VARBANOV P.S.; KLEMEŠ J.J. Mathematical Modelling in Crop Production to Predict Crop Yields. **Chemical Engineering Transactions**, v. 88, 1225-1230, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0037>

SILVA, B. C. da; DELLA GIUSTINA, E. G.; MARCHIORI, N. da C.; MASSAGO, H.; SILVA, F. M. Desempenho produtivo da piscicultura catarinense. **Agropecuária Catarinense**, v.30, n.1, p.15–18, 2017. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/176>. Acesso em: 4 abr. 2025.

SOUZA, R. V. de .; SILVA, B. C. da; NOVAES, A. L. T. **A aquicultura de Santa Catarina em números**. Documentos, (354), 2022. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/DOC/article/view/1532>. Acesso em: 04 abr. 2025.