

Agropecuária Catarinense



ISSN 0103-0779 (impressa)
ISSN 2525-6076 (on-line)
DOI 10.52945/rac
Vol. 38, nº 1, jan./abr. 2025

SCS382 Simone

Novo cultivar de rúcula para produção orgânica

Avanços nos estudos com
a alga *Kappaphycus alvarezii*

Número de ciclos do
Aedes aegypti em Santa Catarina

Avaliação do ponto de colheita
no rendimento do palmito

Agropecuária Catarinense

Agrobases (Mapa); Agris (FAO); Diadorim (Ibict); CAB internacional; DOAJ; FSTA; PKP Index; Periódicos da Capes; Revistas de Livre Acesso (CNEN); Redib (Rede Ibero-Americana de Inovação e Conhecimento Científico); Latindex (catálogo 2.0), Oasis (Ibict) and La Referencia (Rede Federada de Repositórios Institucionais de Publicações Científicas).



Governador do Estado
Jorginho dos Santos Mello

Secretário de Estado da Agricultura
Valdir Colatto

Presidente da Epagri
Dirceu Leite

Diretores

Andréia Meira
Ensino Agrotécnico

Célio Haverroth
Desenvolvimento Institucional

Fabírcia Hoffmann Maria
Administração e Finanças

Gustavo Gimi Santos Claudino
Extensão Rural e Pecuária

Reney Dorow
Ciência, Tecnologia e Inovação



Lista dos editores de seção

Dr. Alexander de Andrade, Epagri/EEI
Dr. André B. Soares, Epagri/UTFPR
Dra. Cristiane de Lima Wesp, Epagri/EEV
Dr. Douglas da Cruz Mattos, UENF
Dr. Felipe Rafael Garcés Fiallos, UTM, Equador
Dra. Glaucia A. Padrão, Epagri/Cepa
Dr. Gustavo Brunetto, UFSM
Dr. Haroldo T. Elias, Epagri/Cepal
Dr. João F. M. dos Passos, Epagri/EEL
Dr. João Guzenski, Epagri/Cedap
Dr. Joatan M. da Rosa, UFPR
Dr. Juracy C. Lins Junior, Epagri/EECd
Dr. Keny H. Mariguele, Epagri/EEI
Dr. Leandro Hahn, Epagri/EECd
Dr. Leonardo Araujo, Epagri/EESJ
Dr. Luiz C. P. Martini, UFSC
Dra. Marcela Cristina A. Carneiro da Silveira Tschoeke, UFT
Dr. Marcio Sonego, Epagri/EEU
Dra. Marina L. M. Daltoé, UTFPR
Dr. Matheus Deniz, UTFPR
Dra. Marlise N. Ciotta, Epagri/EESJ
Dr. Paulo A. de S. Gonçalves, Epagri/EEIt
Dr. Rafael R. Sabião, Epagri/Cepaf
Dra. Renata S. Resende, Epagri/EEIt
Dr. Rogerio Luiz Backes, UFSM
Dr. Tiago C. Baldissera, Epagri/EEL
Dr. Ubirajara M. da Costa, UDESC
D.Sc. Vinícius Calari, Epagri/EEV
Dr. Luis Cessar Cassol, UTFP
Dr. Virgílio G. Uarrota, Universidad de O'Higgins, Chile
Dra. Vanessa Ruiz Fávoro, Epagri/EEL
Dra. Yrlândia de Lira Guerra, UFRPE

Conselho Editorial/Editorial Board

Alvadi Balbinot Jr., Dr. – Embrapa – Londrina, PR
Ana Cristina Portugal de Carvalho, Dra. – Embrapa – Fortaleza, CE
Bonifácio Hideyuki Nakasu, Dr. – Embrapa – Pelotas, RS
César José Fanton, Dr. – Incaper – Vitória, ES
Cristiano Cortes, Dr. – ESA – França
Fernanda Vidigal Duarte Souza, Dra. – Embrapa – Cruz das Almas, BA
Fernando Mendes Pereira, Dr. – Unesp – Jaboticabal, SP
Flávio Zanetti, Dr. – UFPR – Curitiba, PR
Guilherme Sabino Rupp, Dr. – Epagri – Florianópolis, SC
Gustavo de Faria Theodoro, Dr. – UFMS – Chapadão do Sul, MS
Luís Sangoi, Dr. – UDESC/CAV – Lages, SC
Mário Ângelo Vidor, Dr. – Epagri – Florianópolis, SC
Miguel Pedro Guerra, Dr. – UFSC – Florianópolis, SC
Moacir Pasqual, Dr. – UFLA – Lavras, MG
Roberto Hauagge, Dr. – Iapar – Londrina, PR
Sami Jorge Michereff, Dr. – UFCA – Crato, CE

Colaboraram como revisores técnico-científicos nesta edição

Adriana Hauser Lengert
Alex Sandro Poltronieri
Alfredo C. Fantini
Álvaro Luiz Mafra
André Samuel Strassburger
Andréia Anschau
Augusto Carlos Pola
Claudinei Kurtz
Eduardo Bastianetto
Eduardo da Costa Nunes
Eduardo Rodrigues Hickel

Fabiano Cleber Bertoldi
Felipe Matarazzo Suplicy
Gabriel Berenhauser Leite
Haluko Massago
Helio Minoru Takada
Henrique da Silva Argenta
José Alberto Noldin
Juliana Fachin
Juliane Knapik Justen
Leonardo Demier Cardoso
Leosane Cristina Bosco

Luiz Antonio Palladini
Marcos Caivano Pedrosa de Albuquerque
Mari Silva
Marília Lara Peixoto
Maurício Sedrez dos Reis
Neuro Wolschick
Ricardo Antonio Pilegi Sfaciotte
Robson Cardoso da Costa
Rodolfo Vargas Castilhos
Rogério Luiz Backes
Tássio Dresch Rech

Sumário

Impactos da inteligência artificial nas Ciências Agrárias	5
Rodrigo Martins Monzani, Indianara Amâncio, Rafael Gustavo Ferreira Morales e Fabiano Baldo	
Regulagem e calibração de pulverizadores: experiências do Alto Vale do Rio do Peixe	7
Alberto Färber Junior , Arlindo Rech Filho e Sergio Neres da Veiga	
Variação sazonal do teor de carragenana da biomassa algal e residual de <i>Kappaphycus alvarezii</i> cultivada na região de Florianópolis, Brasil	10
Felipe de Souza Dutra,* , Aline Nunes, Alex Ricardo Schneider, Eva Regina Oliveira, Alex Alves Santos, Giuseppina Pace Pereira Lima, Sidnei Moura e Marcelo Maraschin	
Morning glory (<i>Ipomoea grandifolia</i>) management with winter cover crops	14
Mateus Joaquim Duminelli Furquim, Henrique von Hertwig Bittencourt, Leonardo Khaoê Giovanetti, Lisandro Tomas da Silva Bonome and Michelangelo Muzell Trezzi	
Captação de sementes do mexilhão <i>Mytilus galloprovincialis</i> em coletores artificiais dispostos em áreas de cultivos em Bombinhas, Brasil	17
Leandro João Silva e Thiago Pereira Alves	
Efeito do biofertilizante de <i>Kappaphycus alvarezii</i> no enraizamento de estacas de manjerição (<i>Ocimum basilicum</i> L.)	21
Felipe de Souza Dutra* , Aline Nunes, Eva Regina Oliveira e Marcelo Maraschin	
SCS382 Simone: Novo cultivar de rúcula para sistema orgânico de produção	24
Rafael Gustavo Ferreira Morales, Euclides Schallenger, Keny Henrique Mariguele, Alexandre Visconti e Rafael Ricardo Cantú	
Modelo biometeorológico para a estimativa da distribuição temporal e espacial de gerações do <i>Aedes aegypti</i> em Santa Catarina, Brasil	28
Hamilton Justino Vieira, Joelma Miszinski, Everton Blainski e Carlos Eduardo Salles de Araújo	
Índice de Qualidade do Manejo Conservacionista do Solo (IQMCS) em Áreas Agrícolas	35
André Julio do Amaral, José Eloir Denardin, Vanderlise Giongo, Anderson Santi, Álvaro Augusto Dossa e Fabrício Jardim Hennigen	
Simulação da infecção em refúgio hibernar do gorgulho-aquático <i>Oryzophagus oryzae</i> (Coleoptera: Curculionidae) pelo fungo <i>Beauveria bassiana</i>	46
Sergio Francisco Bervanger, Eduardo Rodrigues Hickel e César Assis Butignol	
Ponto de colheita e associação entre caracteres para rendimento de palmito em <i>Archontophoenix alexandrae</i> Wendl. & Drude	52
Keny Henrique Mariguele e Fábio Martinho Zambonim	
Estimando a produção comercial de peixes em Santa Catarina, Brasil, com base em registros de trânsito animal e modelos matemáticos	57
Robson Ventura de Souza e André Luis Tortato Novaes	

Indexadores/repositórios: Agrobases (Mapa); Agris (FAO); Diadorim (Ibict); CAB internacional; DOAJ; FSTA; Miguelim (Ibict); PKP Index; Periódicos da Capes; Revistas de Livre Acesso (CNEN); Redib (Rede ibero americana de inovação e conhecimento científico; Latindex (catálogo 2.0); Oasis (Ibict) and La referencia (Rede Federada de Repositórios Institucionais de Publicações Científicas).

AGROPECUÁRIA CATARINENSE é uma publicação da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), Rodovia Admar Gonzaga, 1.347, Itacorubi, Caixa Postal 502, 88034-901 Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, fone: (48) 3665-5000, site: www.epagri.sc.gov.br.

A RAC tem por missão divulgar trabalhos de pesquisa e extensão rural de interesse do setor agropecuário nacional.

EDITOR-CHEFE: Adriana Tomazi Alves

EDITORES TÉCNICOS: Andrey Martinez Rebelo
Juliana Fachin
Lucia Morais Kinceler
Luiz Augusto M. Peruch
João Vieira Neto
Paulo Sergio Tagliari

Contatos com a Editoria: editoriarac@epagri.sc.gov.br, fone: (48) 3665-5449, 3665-5367.

DIAGRAMAÇÃO E ARTE-FINAL: Victor Berretta

REVISÃO TEXTUAL: Laertes Rebelo e Maria Luíza Chaves (português) e TikiNet (inglês)

FOTO DA CAPA: Rafael Morales

DOCUMENTAÇÃO: José Carlos Gelsleuster

EXPEDIÇÃO: DEMC/Epagri, C.P. 502, 88034-901 Florianópolis, SC, fone: (48) 3665-5357, 3665-5361, e-mail: editoriarac@epagri.sc.gov.br

FICHA CATALOGRÁFICA

Agropecuária Catarinense – v.1 (1988) – Florianópolis: Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária 1988 - 1991)

Editada pela Epagri (1991 –)
Trimestral

A partir de março/2000 a periodicidade passou a ser quadrimestral.

1. Agropecuária – Brasil – SC – Periódicos.
I. Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária, Florianópolis, SC. II. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Florianópolis, SC.
CDD 630.5

Editorial

Novos cultivares, inovação para o campo

Embora a Inteligência Artificial (IA) esteja revolucionando o nosso cotidiano, não podemos perder o foco e nem esquecer que muitas inovações são frutos de longos anos de trabalho sistemático no campo. Esse é o caso do melhoramento genético vegetal, que resulta no desenvolvimento de novos cultivares. Novos cultivares representam oportunidades para o produtor e novidades na mesa do consumidor. No caso da agricultura orgânica, por exemplo, a disponibilidade de cultivares adaptados é considerada indispensável para este sistema de produção, pois materiais novos e mais resistentes são fundamentais nesse contexto. Daí a importância do trabalho de várias instituições de pesquisa que há anos vêm lançando materiais desenvolvidos sob medida para o cultivo orgânico, como os cultivares de batata Joaquina e Cota, a alface cv. Giseli, a cenoura cv. BRS Paranoá, entre outros.

Nessa edição da revista destacamos o novo cultivar de rúcula SCS 382 Simone, um cultivar adaptado à produção orgânica que vem suprir uma deficiência de novos materiais de cultivo dessa hortaliça tão apreciada nas saladas. Resultado de um contínuo processo de seleção de plantas desenvolvido há mais de 15 anos, o cultivar se destaca pela sua produção, pelo maior número de folhas e pelo excelente vigor das plantas. Deverá, sem dúvida, ser um sucesso entre os produtores.

Outros destaques são os trabalhos com a alga *Kappaphycus alvarezii* e o artigo sobre o ciclo de vida do *Aedes aegypti*. A alga *K. alvarezii* desponta no litoral catarinense como opção de cultivo para os maricultores. Além de ser usada na extração de substâncias para fins alimentícios e cosméticos, a alga é útil como biofertilizante na agricultura. Nesta edição temos dois trabalhos sobre as aplicações dessa alga: o primeiro abordando o teor de carragenana na produção em duas regiões de SC e o segundo com foco na aplicação do biofertilizante como indutor de enraizamento de plantas.

Outro trabalho relevante nesta edição da RAC refere-se ao ciclo de desenvolvimento do mosquito da dengue em Santa Catarina. A doença se tornou um problema sério em nosso estado e merece especial atenção. Com base nos dados do trabalho, foi possível determinar a duração do ciclo de vida e o número de gerações do mosquito em todo o território catarinense.

Ainda são assuntos nessa edição da revista trabalhos que abordam o impacto do mexilhão exótico *Mytilus galloprovincialis* na fase inicial do cultivo de moluscos na região de Florianópolis, a avaliação do ponto de colheita de palmeiras no rendimento do palmito e o controle biológico do gorgulho-aquático, uma praga do arroz irrigado.

Não deixe de ler a revista Agropecuária Catarinense.

A ciência não pode parar!

Science cannot stop!



Sistema de Mapeamento da Aptidão Climática e Fisiográfica – AptClim (Impresso/On-line) – 2024. 24p. Boletim Técnico, n° 221

Esta publicação tem por objetivo apresentar o Sistema de Mapeamento da Aptidão Climática e Fisiográfica (AptClim), através do detalhamento do método de análise espaço temporal implementado na plataforma Google Earth Engine (GEE) e um exemplo de uso do sistema. A obra é destinada a pesquisadores, técnicos, extensionistas e tomadores de decisão que necessitam avaliar a aptidão climática de uma determinada região (estado, município ou outra área desenhada pelo usuário). O AptClim integra dados espaciais de relevo e espaço-temporais de temperatura e precipitação que podem ser combinados de acordo com as necessidades e objetivos de cada usuário. Com esse sistema, a Epagri espera facilitar o acesso de pesquisadores, extensionistas, técnicos e tomadores de decisão a uma ferramenta baseada em dados abertos para análises espaço-temporais.



Caramujos e lesmas nas lavouras catarinenses de arroz irrigado: espécies, ocorrência e manejo integrado (Impresso/On-line) – 2024. 40p. Boletim Técnico, n° 220

Caramujos e lesmas não são pragas agrícolas tradicionais como os insetos que os produtores de arroz estão acostumados a manejar. Diferentemente dos insetos, que são artrópodes, caramujos e lesmas são moluscos e, portanto, apresentam características morfológicas e fisiológicas completamente distintas. Este boletim técnico descreve os caramujos e lesmas que ocorrem nas lavouras de arroz irrigado em Santa Catarina, com informações sobre as espécies, sua bioecologia, ocorrência e medidas de manejo integrado para controle das populações. Atenta a essa situação, a Epagri lança a presente publicação para subsidiar o manejo integrado de pragas do arroz irrigado e, assim, tornar mais segura e rentável a produção do cereal.



Instalações para gado de leite (Impresso/On-line) – 2024. 72p. Boletim Técnico, n° 208

A produção leiteira só é sustentável quando bem planejada. E esse planejamento não é obrigatório que seja em termos de alta tecnologia, mas para garantir as necessidades dos animais, do ambiente e das pessoas envolvidas no processo produtivo, na busca de produtos seguros e de alta qualidade. Hoje sabemos que vacas em boas condições de bem-estar conseguem expressar sua máxima capacidade genética de produção, apresentam melhores índices reprodutivos e têm menos problemas de saúde. O objetivo deste Boletim Técnico é discutir e divulgar informações especializadas sobre os principais fatores que devem ser considerados ao planejar as instalações. As informações disponibilizadas nesta publicação apresentam uma linguagem simples e acessível aos técnicos, com ilustrações e detalhes de construção que permitirão o seu pleno uso, quando da elaboração de um projeto de instalação para vacas leiteiras.

Publicações disponíveis no site da Epagri através do link:
<https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/>



Receitas da culinária alemã do município de São Carlos (Impresso/On-line) – 2024. 76p. Boletim Didático, nº 178

A Epagri possui, como um de seus objetivos, promover a melhoria da qualidade de vida do meio rural e pesqueiro pelo Programa Capital Humano e Social (CHS). Dentro do Programa CHS, os eixos de segurança alimentar e nutricional, organização, desenvolvimento humano e qualidade de vida agregam atividades pertinentes à produção de alimentos para o autoconsumo e à valorização dos aspectos socioculturais que permeiam as ações que levaram à publicação deste boletim. Neste trabalho, consta o registro de 25 receitas apresentadas por 21 participantes do concurso de culinária alemã de São Carlos. Além de cumprir um dos objetivos da extensão, que é refletir sobre escolhas alimentares e produção de alimentos, tem como finalidade fazer com que a comida servida à mesa dos catarinenses proporcione memórias, saúde e sustentabilidade.



Diretriz estratégica de pesquisa da Epagri para o desenvolvimento sustentável da agropecuária de Santa Catarina (Impresso/On-line) – 2024. 46p. Documentos, nº 370.

Este documento apresenta a diretriz estratégica de pesquisa da Epagri para o desenvolvimento sustentável da agropecuária de Santa Catarina. O propósito da diretriz estratégica de pesquisa para o desenvolvimento sustentável da agropecuária de Santa Catarina é promover e incentivar o desenvolvimento sustentável do meio rural e pesqueiro catarinense em benefício da sociedade, alicerçado na inovação gerada pela Epagri na fronteira do conhecimento. A diretriz considera e articula a contribuição da Epagri para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030, assim como para o fortalecimento da resposta estadual à ameaça da mudança do clima e reforça a capacidade para lidar com os impactos decorrentes dessas mudanças, como previsto no Acordo de Paris de 2015.



Alimentação, afetividades e aprendizados no cotidiano extensionista (Impresso/On-line) – 2024. 332p. Livro

Dividido em duas partes, este não é um livro (só) de receitas. Diz respeito a sentimentos, afetividades, aprendizados e memórias cujo meio de transmissão e de continuidade é a comida. Portanto, nem sempre comida afetiva é comida saudável. Outros elementos estão aí inseridos, além do equilíbrio nutricional. Isso porque alimentar-se é mais do que nutrir o corpo, diz respeito a reproduzir aprendizados culturais, propiciar momentos de socialização e nutrir-se de reminiscências afetivas. Falar sobre comida e afetividades – propositadamente no plural – diz respeito a lembranças despertadas

em conversas no contexto familiar, com nossas nonas, omas, avós, tias, mães, pais. Ou com agricultoras, pescadoras, caboclas, indígenas, quilombolas que, diariamente, nos ensinam. As receitas desta publicação, mais do que um norteador sobre ingredientes e modos de fazer, compõem um riquíssimo mosaico de diferentes “origens” em Santa Catarina. Herança de antepassados que queremos deixar às gerações futuras de extensionistas e famílias com as quais interagimos.

Impactos da inteligência artificial nas Ciências Agrárias

Rodrigo Martins Monzani¹, Indianara Amâncio², Rafael Gustavo Ferreira Morales³ e Fabiano Baldo⁴

A agricultura mundial passa por consideráveis alterações na forma de desenvolver os cultivos, com a introdução de novos conceitos e tecnologias. Mudanças foram implementadas, como a obtenção de materiais propagativos e melhorias na análise de previsões climáticas, além do reposicionamento das culturas, com novos zoneamentos agroclimáticos.

Quanto ao trabalho de campo, equipamentos para o preparo do solo e implantação das culturas modernizaram-se, assim como o monitoramento das condições do solo, permitindo maior precisão no manejo da irrigação e na fertilização.

Em relação ao controle fitossanitário, adotaram-se métodos eficientes para detecção, medição da intensidade e manejo de pragas e doenças. Verificou-se, também, maior determinação em estimativas de produtividade, procedimentos para otimizar a colheita e mitigar as perdas na pós-colheita.

Os currículos dos cursos vinculados às Ciências Agrárias têm se adaptado a essas mudanças para abordar de maneira mais consistente a agricultura de precisão, a agricultura digital e a aplicação da Internet das Coisas (IoT) em componentes obrigatórios ou optativos, de forma específica ou interdisciplinar.

Embora a ideia de inteligência artificial (IA) não seja nova, remontando a 1.943, quando Warren McCulloch e Walter Pitts criaram o primeiro modelo para redes neurais, ela vem permeando os sistemas de produção em praticamente todos os cultivos agrícolas, desde soja, milho, arroz e café; frutíferas,

como maçã, videira e banana; olerícolas, como batata, tomate, cebola e alho; até espécies florestais destinadas à produção de madeira e celulose, todas de importância para o estado de Santa Catarina.

Apesar de a IA existir há mais de 70 anos e ser utilizada de forma mais efetiva há mais de 50 anos, a partir de 2017 a arquitetura *Transformers* introduziu o mecanismo de atenção, otimizando a capacidade de modelos de linguagem compreenderem contextos de linguagem natural.

A esse cenário somam-se o *machine learning* – campo da IA que desenvolve algoritmos capazes de aprender e melhorar com os dados sem serem explicitamente programados – e o *deep learning*, subárea do *machine learning*, que utiliza redes neurais profundas para identificar e interpretar padrões complexos em grandes volumes de informação.

Tais avanços somados possibilitaram a geração de informação utilizando áudios, imagens e arquivos de textos, como artigos e livros tradicionais da área agrônômica, manuais e compêndios, principalmente, após a popularização do GPT – *Generative Pre-trained Transformer*, modelo de linguagem baseado na arquitetura de rede neural *Transformer*, com o lançamento do ChatGPT, pela OpenAI, em novembro de 2022.

Impactos relevantes residem na necessidade das adequações dos currículos dos cursos técnicos e de graduação vinculados às Ciências Agrárias, especialmente diante do avanço das

pesquisas e do papel fundamental da academia na formação de profissionais qualificados. Com o aumento dos trabalhos de pesquisa, impõe-se não apenas a criação de novas disciplinas, mas também a modernização e reestruturação das abordagens tradicionais, de modo a incluir conteúdos que promovam o domínio de tecnologias inovadoras e o uso eficiente de bancos e coleta de dados para processamento.

Essa atualização curricular visa otimizar práticas e transformar aulas meramente teóricas, aproveitando a familiaridade dos alunos com *smartphones*, *notebooks* e a alta conectividade. Dessa forma, reforça-se a aderência à evolução digital, garantindo que os profissionais formados estejam preparados para enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades do cenário tecnológico, alinhados à exigência da academia em produzir especialistas aptos a lidar com as inovações do campo.

Neste contexto, devemos enfatizar a importância da integração entre as instituições de pesquisa e extensão agrícolas e a academia. Esta colaboração fortalecerá os estudos e aplicações no setor, além de abrir um leque de possibilidades na área. É fundamental um maior apoio, estudo e operacionalização dessas oportunidades por meio da tecnologia, especialmente da IA. A sinergia entre o meio acadêmico e estas instituições produzirá inovações significativas, para alcançar novos patamares de eficiência e sustentabilidade.

As IAs e as novas tecnologias também demandarão continuada atualização de profissionais e produtores,

¹ Engenheiro-agrônomo, Dr., Instituto Federal Catarinense/Campus Araquari, C.P. 21, 89.245-000, Araquari, SC, fone: (47) 99911-0186, e-mail: rodrigo.monzani@ifc.edu.br

² Bacharel Sistemas de Informação, M.Sc., Udesc/Centro de Ciências Tecnológicas - CCT, 89.219-710, Joinville, SC, fone: (47) 3481-7900, e-mail: indianara.amancio@gmail.com

³ Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Estação Experimental de Itajaí, C.P. 277, 88301-970, Itajaí, SC, fone: (48) 3233-5244, e-mail: rafael.epagri@gmail.com

⁴ Bacharel em Ciências da Computação, Dr., Udesc/Centro de Ciências Tecnológicas - CCT, 89.219-710, Joinville, SC, fone: (47) 3481-7900, e-mail: fabiano.baldo@Udesc.br

exigindo formação contínua e estudos integrados com profissionais de várias áreas. Extensionistas necessitarão possuir na palma da mão ferramentas que possibilitem coletar informações e imagens, como de doenças e pragas e correlacioná-las aos dados meteorológicos em tempo real para verificar e tomar decisões, por exemplo, sobre necessidades e formas de controle, níveis de dano econômico, prever questões de ordem epidemiológica das culturas, com a construção de curvas de progresso de doenças.

Adicionalmente, a adoção de novas tecnologias como das IAs poderá ocasionar um impacto significativo na resolução da escassez de mão de obra no campo, um gargalo importante em regiões de Santa Catarina e outros estados. A automação de processos, como o uso de drones e tratores autônomos, permite a realização de tarefas de monitoramento e manejo das culturas de forma mais eficiente, contribuindo para a diminuição da dependência de trabalho intensivo e otimizando os recursos disponíveis na produção agrícola.

Apesar dos avanços tecnológicos e das inúmeras vantagens proporcionadas pela IA nas Ciências Agrárias, a sua implementação enfrenta desafios reais e complexos. Um dos principais obstáculos é a disponibilidade e a qualidade dos dados, essenciais para o treinamento e a eficácia dos modelos de IA. Além disso, a alta complexidade dos sistemas tecnológicos e o custo de investimento em infraestrutura podem representar barreiras, além da eficiente integração entre as áreas de conhecimento. Destacam-se também a falta de conectividade e o acesso restrito à internet em muitas áreas do campo, fatores que comprometem a transmissão e o processamento dos dados fundamentais para o funcionamento dos sistemas inteligentes.

Também a integração dos novos sistemas com as práticas agrícolas tradicionais exigirá uma mudança cultural no setor, bem como a capacitação contínua de profissionais. A segurança ci-



Figura 1. Imagem confeccionada pelo ChatGPT 4.0 de uma cultura agrícola implantada com o auxílio de Inteligência Artificial e a presença de um produtor demonstrando satisfação

bernética e a confiabilidade dos dados são questões sensíveis que demandam constante atenção para evitar vulnerabilidades e garantir a precisão das informações geradas.

Diante de tantos avanços e possibilidades, a incorporação das IAs nas Ciências Agrárias já tem promovido mudanças significativas em todas as etapas da produção, desde a previsão climática e a gestão dos insumos até a automação de equipamentos e a análise preditiva de pragas e doenças. Essa transformação

está impulsionando a modernização dos currículos acadêmicos e estimulando a integração de tecnologias digitais ao cotidiano do campo, promovendo maior eficiência, sustentabilidade e competitividade. Contudo, é imprescindível que os desafios inerentes, como a gestão de dados, os custos de implementação, a segurança cibernética e as adaptações regulatórias, sejam adequadamente enfrentados para que os benefícios da IA se consolidem de forma abrangente no setor agrícola.

Regulagem e calibração de pulverizadores: experiências do Alto Vale do Rio do Peixe

Alberto Färber Junior¹, Arlindo Rech Filho² e Sergio Neres da Veiga³

Introdução

Na década de 1970, o Brasil e o mundo iniciaram um processo de transformação no campo da agricultura, a Revolução Verde. Apoiado na promessa de erradicação da fome global, este fenômeno iniciou-se como uma corrida por inovações tecnológicas para ampliar e aumentar a produção e produtividade agrícola. Albergoni e Pelaez (2007) inferem que diversas foram as tecnologias criadas nesse período: na área da química, os agrotóxicos e fertilizantes; na área de mecânica, tratores e implementos; na área biológica, as sementes geneticamente modificadas. Simultaneamente houve abertura de novas fronteiras agrícolas e a intensificação dos cultivos. Contudo, sempre que o equilíbrio ecológico dos ambientes naturais é quebrado em prol do cultivo de espécies de interesse econômico, organismos nativos ou oportunistas multiplicam-se, utilizando estas culturas para própria sobrevivência. Assim, esses organismos passam a ser classificados como pragas, exigindo, por sua vez, a utilização de técnicas e ferramentas de controle, na grande maioria das vezes aplicações de agrotóxicos por meio de pulverização (Manzatto, 2009).

A Tecnologia de Aplicação é o ramo dentro das ciências agrárias que pesquisa a aplicação de agrotóxicos nas culturas agrícolas. Consiste da utilização de conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, na quantidade necessária, de forma econômica e com o mínimo de contaminação de outras áreas. É uma área multidisciplinar e influenciada por diversos fatores (químicos, biológicos, climáticos, operacionais entre outros) que, somados, interferem na deposição do produto

no alvo de forma eficiente e econômica (Contiero; Biffe; Catapan, 2018). Conforme Chaim (2009), tanto no Brasil quanto no exterior, não há informações concretas sobre a real eficiência das pulverizações. Alguns trabalhos realizados por Pessoa e Chaim (1999) demonstram perdas de 50% do volume de calda em pulverizações aéreas e resultados semelhantes (70%) em pulverizações na cultura do feijão.

De acordo com Ibama (2024), no Brasil, em 2022, um total de 232 empresas titulares de registro de produtos agrotóxicos enviaram ao Ibama relatórios de produção, importação, comercialização e exportação de agrotóxicos. Para a classe de produtos químicos e bioquímicos, as vendas foram de 800.652 toneladas de ingredientes ativos e 2.211 produtos formulados comercializados. Os ingredientes ativos mais comercializados no país foram Glifosato e seus sais; 2,4-D; Atrazina, Mancozebe; Acefato; Clorotalonil, Dibrometo de Diquat, Glufosinato – Sal de Amônio, Clorpirifós e Metomil.

No Brasil, a política pública para Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos (VSPEA) iniciou nas décadas de 1980 e 1990, mas somente nos anos 2000 foi difundida para as secretarias estaduais de saúde (Ministério da saúde, 2023). Dados apontam que entre 2013 e 2022 foram notificados 124.295 casos de intoxicação exógena por agrotóxicos em todo o Brasil (Ministério da saúde, 2023). Entretanto, como a maior parte dos trabalhadores rurais está concentrada em áreas que possuem menos acesso aos serviços de saúde e informações, muitos trabalhadores não buscam atendimento, podendo gerar casos de sub-registros.

A região do Alto Vale do Rio do Peixe, localizada na região Meio-Oeste de Santa Catarina, é composta por 20 municípios. A agricultura nesses municípios

possui distinções quanto às atividades agrícolas desenvolvidas, utilização de maquinários, topografia das áreas e tecnificação dos agricultores. Na macrorregião de Videira predomina a fruticultura, a produção de grãos e a integração de proteína animal; na macrorregião de Curitiba se sobressai a produção de grãos e pecuária; na macrorregião de Caçador, as principais atividades são a olericultura, a silvicultura e o cultivo de grãos. As propriedades rurais, por sua vez, possuem características semelhantes: em sua maioria possuem entre 20-50 hectares, com mão de obra familiar, nas quais predominam a força de trabalho masculina e, cada vez mais, a utilização de máquinas e equipamentos para auxílio nos afazeres do dia a dia.

O que causa preocupação nas propriedades rurais do Alto Vale do Rio do Peixe é a dependência e o uso frequente de equipamentos de pulverização dos mais variados tipos em praticamente todos os sistemas de produção e cultivos. É que muitos desses equipamentos encontram-se em situação inadequada de uso, sem manutenção, sem regulagem e calibração. Assim, consequentemente, eles têm baixa eficiência no controle de pragas e doenças e alto potencial de degradação do meio ambiente. Além disso, há um conhecimento superficial por parte da maioria dos agricultores sobre a correta calibração dos equipamentos de pulverização e todos os fatores que influenciam em uma correta e eficiente pulverização, bem como os cuidados com a saúde e o ambiente.

Ciente da complexa realidade e das necessidades das propriedades rurais e dos agricultores, a Epagri tem buscado desenvolver, em toda a região do Alto Vale do Rio do Peixe, diversas atividades voltadas para orientação e capacitação de técnicos e agricultores em tecnologia de aplicação, desde o uso correto dos

¹ Engenheiro-agrônomo, Epagri/Centro de Educação Profissional (Cedup), 88570-000 São José do Cerrito, SC, fone: (49) 3292-2904, e-mail: albertojunior@epagri.sc.gov.br.

² Engenheiro-agrônomo, Epagri/Gerência Regional de Videira, 89564-506 Videira, SC, fone: (49) 35335642, e-mail: arlindofilho@epagri.sc.gov.br.

³ Engenheiro-agrônomo, M.Sc., Epagri/Escritório Municipal de Peritiba, 89750-000 Peritiba, SC, fone: (49) 34826163, e-mail: sergioveiga@epagri.sc.gov.br.

equipamentos de proteção individual, até o monitoramento e a identificação de pragas e doenças. Além das condições climáticas para pulverização, calibração e aferição de pulverizadores, a Empresa orienta a escolha de pontas de pulverização adequadas, como avaliar a qualidade da água e também o monitoramento da qualidade da pulverização nas propriedades rurais. Um trabalho de longo prazo, com muito esforço que tem melhorado a eficiência da pulverização e a conscientização desses agricultores (Figura 1).

Estratégias de ação

Curso estadual em tecnologia de aplicação

O curso estadual em tecnologia de aplicação, disponibilizado para todos os extensionistas rurais, operários de campo e pesquisadores da Epagri, tem como objetivo capacitar e uniformizar conhecimentos, conceitos e práticas nos diferentes âmbitos das tecnologias de aplicação. Com carga horária de 16 horas, realizado nas dependências do Centro de Treinamento da Epagri em Videira, SC, o curso combina teoria e práticas. Em sala de aula, de forma teórica, são abordados temas como condições climáticas, identificação e monitoramento de pragas e doenças, escolha de métodos de controle adequados, segurança e saúde, rastreabilidade, equipamentos de pulverização, métodos de calibração e aferição de pulverizadores, tecnologias em pontas de pulverização, qualidade da água no preparo de caldas e monitoramento da qualidade de pulverização. Posteriormente, de forma prática, são detalhados temas como uso correto de EPIs e descontaminação de equipamentos de proteção individual, segurança do operador, aspectos de regulagem e calibração de pulverizadores costais, pulverizadores de barras e turboatomizadores, tipos de pontas de pulverização e seus usos, condições climáticas para pulverização e avaliação da qualidade da água para preparo de caldas.

O objetivo do curso é capacitar extensionistas rurais para serem multiplicadores do conhecimento em suas regiões de trabalho, levando o aprendi-

zado para as famílias rurais atendidas, promovendo eficiência, ganhos de produtividade e cuidados com a saúde e o meio ambiente. Da mesma forma, para operários de campo e pesquisadores, o curso tem o intuito de aprimorar trabalhos de pesquisa, gerando resultados cada vez mais consistentes.

Oficinas

Oficina é o método pelo qual o extensionista rural transmite conhecimentos, técnicas ou práticas de trabalho para um grupo de pessoas, de uma maneira simples, direta e replicável, para que os agricultores ‘aprendam a fazer, fazendo’ (Olinger, 2006).

Assim, são organizadas oficinas nos municípios da região por grupos de interesse, como fruticultura, grãos, oleicultura e pecuária, com duração de aproximadamente 4 horas e participação de grupos de 10 a 15 agricultores. Todos os grupos aprendem como fazer o uso correto dos EPIs e a priorizar a segurança do operador. Em seguida são trabalhadas as especificidades de cada uma das cadeias produtivas, ensinando formas de monitoramento e a correta identificação do alvo/praga. Em sequência são detalhadas todas as peças, a funcionalidade e os principais proble-

mas dos equipamentos de pulverização. Além disso, são realizados cálculos para ajuste de vazão e posteriormente aferição da qualidade da pulverização de maneira prática com o uso do papel hidrossensível. Em todo momento o agricultor tem a possibilidade de observar, praticar, tirar dúvidas e exercitar cálculos de maneira que possa realizar as mesmas atividades posteriormente em suas propriedades rurais.

Visitas técnicas

São realizadas visitas individuais nas propriedades rurais com o objetivo de prestar assistência ou instrução personalizada à realidade do agricultor, inspeção dos maquinários da propriedade e das condições de cultivo das atividades agrícolas desenvolvidas. Muitas dessas visitas são solicitadas por agricultores após a participação nas oficinas de tecnologia de aplicação ou mesmo por extensionistas rurais participantes do curso estadual, que desejam assistir um agricultor, mas ainda não se sentem completamente seguros para desenvolver as práticas. Dessa forma, as visitas técnicas servem como uma ferramenta de aproximação entre extensionistas e agricultores, servindo como base para o desenvolvimento de uma relação de



Figura 1. Cursos, oficinas e visitas técnicas foram realizados no intuito de capacitar os produtores na regulação dos pulverizadores

Foto: Alberto Färber Junior

confiança, resultando em um trabalho consistente e continuado.

Durante as visitas são aferidas, juntamente com o agricultor, a tomada de força do trator, a velocidade de trabalho e a vazão das pontas de pulverização. Também são verificadas as demais partes do pulverizador, desde os filtros até as mangueiras e as conexões, buscando identificar necessidades de manutenção. Além disso, são realizados cálculos de vazão, medição de pH da água e, por último, é feita uma simulação de pulverização utilizando papéis hidrossensíveis para verificar a qualidade da pulverização após os ajustes feitos. Após as avaliações, é elaborada uma planilha com todas as informações necessárias e disponibilizada para o agricultor para que ele possa, de forma autônoma, seguir com as pulverizações com segurança e eficiência.

Resultados e discussão

Quando se trata de tecnologia de aplicação de agrotóxicos a Epagri possui amplo conhecimento, pois o registro de ações da Empresa vem de longa data. Um sistema de inspeção de pulverizadores realizado pela Estação Experimental da Epagri de Caçador, com início em 2001, avaliava as condições reais de uso dos pulverizadores através de uma unidade móvel que se deslocava até as propriedades. O trabalho foi de extrema importância, pois oportunizou aos agricultores melhores condições de uso dos equipamentos, maior eficiência na aplicação dos produtos, além de redução do impacto ambiental (Palladini, 2006).

Ao longo dos últimos seis anos as ações de tecnologia de aplicação de agrotóxicos ganharam outra vez destaque na região do Alto Vale do Rio do Peixe. A retomada das atividades iniciou em 2018 com a oficina para agricultores. Em 2024 foram realizadas mais de 10 ações coletivas, além de cursos no Estado, evidenciando a importante evolução desse trabalho. No decorrer do tempo, nas diversas atividades, especialmente através de reuniões, cursos e oficinas, os registros de participação beneficiaram mais de 200 pessoas, considerando técnicos e agricultores. Concomitante, a procura pelos agricultores para visitas em suas propriedades para

regulagem e calibração de pulverizadores e as avaliações têm aumentado significativamente.

Durante a realização dos trabalhos, ficam evidentes os desafios para aumentar a eficiência das pulverizações, reforçando a complexidade do tema e a necessidade desse trabalho específico e continuado. As visitas técnicas são realizadas até o presente momento e aplicadas em todos os tipos de cultivos, constituindo-se no método mais eficiente de trabalho com os agricultores, visto que a calibração, a aferição e as recomendações são realizadas atendendo às particularidades de cada propriedade rural e cultura.

Em paralelo aos trabalhos desenvolvidos na região, foram elaborados vídeos técnicos para as mídias digitais da Epagri, em todos os temas trabalhados nos cursos, oficinas e visitas, um esforço para levar informações e conhecimentos além da região do Alto Vale do Rio do Peixe. Até o presente momento foram produzidos 6 vídeos com um alcance de mais de 124 mil visualizações.

Observa-se em toda a região uma crescente demanda por informações e conhecimentos em tecnologia de aplicação por parte de técnicos e agricultores. Os agricultores estão mais conscientes no momento da escolha adequada do método de controle e também sobre a eficiência da pulverização quando essa é a técnica utilizada. Diversos agricultores aprimoraram seus equipamentos sobre pulverização e corrigiram falhas no processo, resultando em ganhos de eficiência, redução de custos, melhoria da sanidade de plantas e proteção ambiental. Entretanto, ainda há uma quantidade enorme de agricultores que precisam ser capacitados e de máquinas que necessitam ser reguladas e calibradas, um trabalho que sem dúvida seguirá pelos anos vindouros.

Referências

ALBERGONI, L.; PELAEZ, V. Da Revolução Verde à agrobiotecnologia: ruptura ou continuidade de paradigmas? **Revista de Economia**, v. 33, n. 1, p. 31-53, 2007. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/economia/article/view/13763>. Acesso em: 10 out. 2024.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Am-

biente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Painéis de informações de agrotóxicos**. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/paineis-de-informacoes-de-agrotoxicos/paineis-de-informacoes-de-agrotoxicos#Painel-comercializacao>. Acesso em: 10 out. 2024.

CHAIM, A. **Manual de tecnologia de aplicação de agrotóxicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 73 p. ISBN 978-85-7383-468-0.

CHAIM, A; PESSOA, M.C.P.Y. Estimativa da deposição de agrotóxicos por análise de gotas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 963-969, jun. 1999.

CONTIERO, R.L.; BIFFE, D.F.; CATA-PAN, V. Tecnologia de aplicação. In: FILHO, B.J. U. T.; FREITAS, P. S. L.; BERIAN, L. O. S.; GOTO, R., orgs. **Hortaliças-fruto**. Maringá: EDUEM, 2018. p. 401-449. Disponível em: <https://doi.org/10.7476/9786586383010>. Acesso em: 10 out. 2024.

DIRETORIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA DO ESTADO DE SANTA CATARINA (DIVS). Informativo VSPEA [recurso eletrônico]. **Boletim Informativo VSPEA**, n. 1, março 2023. Disponível em: <https://www.saude.al.gov.br/wp-content/uploads/2022/09/Portaria-consolidada-4-de-28-de-setembro-de-2017.pdf>. Acesso em: 10 out. 2024.

MANZATTO, C.V. Introdução. In: CHAIM, A. **Manual de tecnologia de aplicação de agrotóxicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 1-73.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Boletim Epidemiológico**, v. 54, n.º 12, 9 out. 2023. Brasília: Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente, 2023. Disponível em: <https://www.saude.gov.br>. Acesso em: 10 out. 2024.

OLINGER, G. **Métodos de extensão rural**. Florianópolis: Epagri, 2006. 163 p.

PALLADINI, L.A. Sistemas de inspeção de pulverizadores para a produção integrada de frutas. In: SEMINÁRIO DE PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS, 8ª., 2006. **Anais[...]**. Vitória, ES: 2006.

Variação sazonal do teor de carragenana da biomassa algal e residual de *Kappaphycus alvarezii* cultivada na região de Florianópolis, Brasil

Felipe de Souza Dutra,^{1,3*} Aline Nunes², Alex Ricardo Schneider^{1,3}, Eva Regina Oliveira³, Alex Alves Santos⁴, Giuseppina Pace Pereira Lima², Sidnei Moura¹ e Marcelo Maraschin³

Resumo – A macroalga *Kappaphycus alvarezii*, com cultivo aprovado em Santa Catarina (SC) em 2020, foi introduzida no Brasil para produção de carragenana, mas ganhou relevância pelo uso do extrato aquoso como biofertilizante, gerando biomassa residual. Este estudo analisou os teores de carragenana na biomassa algal e residual de duas fazendas marinhas de SC, coletadas sazonalmente. A biomassa algal apresentou teor médio de 35,8% de carragenana (g/g de peso seco), contra 19,7% no resíduo, com variação significativa entre estações. O pico ocorreu na primavera: 65,7% na biomassa algal e 30,1% na residual. Conclui-se que ambas as biomassas possuem teores relevantes de carragenana, viabilizando um cultivo dual que integra biofertilizantes e extração do polissacarídeo. A valorização do resíduo não apenas minimiza descartes da indústria de biofertilizantes, mas também abre caminho para produtos ecológicos de alto valor agregado, alinhando-se à economia circular. Os resultados validam a viabilidade técnico-econômica em SC e propõem um modelo sustentável que transforma subprodutos em insumos estratégicos para a aquicultura.

Termos para indexação: Polissacarídeo; Economia circular; Maricultura.

Seasonal variation of carrageenan content extracted from the algal and residual biomass of *Kappaphycus alvarezii* cultivated in Florianópolis region, Brazil

Abstract – The macroalgae *Kappaphycus alvarezii*, approved for cultivation in Santa Catarina (SC), Brazil, in 2020, was initially introduced for carrageenan production but gained prominence due to its aqueous extract's use as a biofertilizer, generating residual biomass. This study analyzed carrageenan content in algal and residual biomass from two marine farms in SC, seasonally collected. Fresh algal biomass showed an average carrageenan content of 35.8% (g/g of dry weight), compared to 19.7% in residual biomass, with significant seasonal variation. Peak values occurred in spring: 65.7% in algal biomass and 30.1% in residual biomass. The results demonstrate that both algal and residual biomass contain significant carrageenan levels, enabling a dual cultivation system that integrates biofertilizer production with polysaccharide extraction. Residual biomass valorization not only minimizes waste from the algal biofertilizer industry but also paves the way for eco-friendly high-value products, aligning with circular economy principles. These findings validate the techno-economic feasibility of *K. alvarezii* cultivation in SC and propose a sustainable model that transforms by-products into strategic inputs for aquaculture, fostering resource efficiency and environmental stewardship.

Index terms: Aqueous extract; Biostimulant; Rhodophyta.

A macroalga vermelha *Kappaphycus alvarezii* (Divisão Rhodophyta) é uma das espécies mais cultivadas mundialmente, sendo utilizada como a principal matéria-prima à extração de carragenana (Mamat *et al.*, 2024). Carragenana é uma designação genérica

dada a polissacarídeos da família das galactanas naturais, que apresenta características físico-químicas que lhe conferem propriedades gelificantes, espessantes, emulsificantes e estabilizantes, com ampla utilização nas indústrias alimentícia, farmacêutica,

química e de cosméticos (Rudke; Andrade; Ferreira, 2020; Mamat *et al.*, 2024). Existem três classes de carragenanas: kappa (κ), iota (ι), e lambda (λ), de acordo com seu padrão de substituição de grupamentos sulfato e seu teor de 3, 6-anidro-galactose.

Recebido em 12/12/2024. Aceito para publicação em 27/02/2025.

Editora de seção: Marina L. Mitterer Daltoé/ UTFPR

DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v38i1.1964>

¹ Engenheiro-agrônomo, Dr., UCS, Universidade de Caxias do Sul, RS. E-mail: felipedutra.rez@gmail.com*; arschneider1@ucs.br; smsilva11@ucs.br

² Engenheiro-agrônomo(a), Dr.(a), UNESP, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, SP. E-mail: alinenunes_bio@hotmail.com; pace.lima@unesp.br

³ Engenheiro-agrônomo, Dr., UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Florianópolis, SC. E-mail: ginagro@gmail.com; m2@cca.ufsc.br

⁴ Epagri/Cedap, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Florianópolis, SC. E-mail: alex@epagri.sc.gov.br

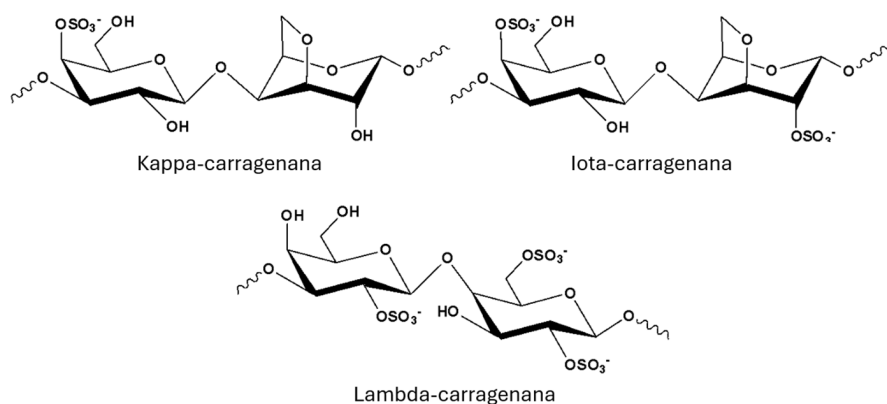


Figura 1. Tipos de carragenanas utilizadas industrialmente
Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Figure 1. Types of carrageenan used industrially
Source: elaborated by the authors (2025)

Dentre esses tipos, κ -carragenana é o principal polissacarídeo produzido por *K. alvarezii* (Figura 1).

Nativa do Indo-Pacífico, *K. alvarezii* foi introduzida no Brasil em 1995, devido à demanda mundial e brasileira por carragenanas. O objetivo era tornar o Brasil autossuficiente na produção deste coloide (Oliveira; Silva; Amancio, 2009). Em 2020, seu cultivo comercial foi aprovado em Santa Catarina (IBAMA - Brasil, 2020), após comprovada sua viabilidade técnica e ambiental em águas subtropicais, como na região da Grande Florianópolis, SC (Santos *et al.*, 2018). Entretanto, além da produção de carragenana, um novo nicho de negócio tem sido demandado pela indústria de fertilizantes e explorado pelos produtores catarinenses de *K. alvarezii*, a produção de biofertilizantes (Santos, 2024). Para isso, a biomassa macroalgal fresca é triturada e prensada para obtenção de seu extrato líquido, conhecido como biofertilizante, restando uma biomassa residual sólida. Assim, visando determinar a possibilidade de utilização dessa macroalga e do resíduo sólido, com base em seus conteúdos de carragenanas, amostras oriundas de duas fazendas marinhas localizadas em Florianópolis (RIB – Ribeirão da Ilha) e Palhoça (PAL) foram coletadas no outono, inverno, primavera e verão, nos anos de 2022 e 2023.

Coletaram-se duas amostras por estação/local (16 de biomassa algal e 16 de biomassa residual). As amostras, recebidas frescas, tiveram alíquotas de 20g congeladas e liofilizadas (-45°C , 0,030mbar, 20h). A extração de carragenana seguiu protocolo adaptado de Hayashi (2001): 1g de biomassa seca foi imerso em 500mL de KOH 6%, aquecido a 60°C por 4h. Filtrada, a biomassa foi dialisada em água destilada por 24h para remover KOH residual. Em seguida, foram mantidas em 500mL de água destilada a 80°C por 4h, com agitação ocasional. Após 2h, a biomassa algal foi macerada e reintroduzida na solução por mais 2h. O hidrogel resultante foi filtrado a vácuo, removendo impurezas. Cinco alíquotas de 50mL de cada amostra receberam etanol 96% (1:3) e 0,2% KCl para precipitação, mantendo-se a 4°C por 24h. A carragenana precipitada foi filtrada e seca a 40°C até peso constante, com resultados expressos em porcentagem – peso seco (g) da carragenana/peso seco da amostra original (g).

Os resultados indicaram um conteúdo médio de carragenana superior nas amostras de biomassa algal (35,8%), comparativamente ao da biomassa residual (19,7%). O teor de carragenana nas amostras variou de 17,0 a 65,7%, para biomassa algal, e 11,3% a 30,1% para a residual (Tabela 1). Dentre

as amostras extraídas da biomassa algal, o maior teor (65,7%) foi detectado em biomassa coletada na primavera (PAL-6), diferindo significativamente das demais amostras. Na biomassa residual, resultado semelhante foi observado quanto à estação de produção (30,1%, primavera, RIB-6), todavia, não diferindo das amostras coletadas no verão (27,4% - RIB-8 e 27,9% - PAL-8) e inverno (27,8%, PAL-4). Ressalta-se que onze amostras (i.e., 68,75%) de biomassa algal e residual diferiram estatisticamente nos conteúdos de carragenanas para o mesmo local de produção e estação de coleta.

Em relação à sazonalidade, uma alta variação na concentração de carragenana foi detectada, tanto para a biomassa algal como para a biomassa residual, indicando a possibilidade de obtenção deste polissacarídeo na macroalga cultivada em SC ao longo de todo o ano (Figura 2).

A análise comparativa dos teores de carragenanas das biomassas algais e residuais de *K. alvarezii*, produzidas na região da Grande Florianópolis, revelou valores similares ao registrado na literatura. Como exemplo, Manuhara, Praseptiangga e Riyanto (2016) detectaram conteúdos médios de 31,32% de carragenana em *K. alvarezii* cultivada na Indonésia. De forma similar, Das *et al.* (2016) encontraram teores médios de 36,58% em amostras coletadas na Índia. Em estudo realizado em Florianópolis com amostras de *K. alvarezii*, Rudke *et al.* (2022) obtiveram rendimento de extração de carragenana de 50,25%, o que demonstra que *K. alvarezii* cultivada no estado de SC reúne as condições adequadas como fonte deste polissacarídeo de grande interesse industrial.

Além disso, demonstrou-se que a produção de carragenana ocorre em níveis apreciáveis ao longo de todo o ano, mesmo com variação sazonal, elevando o potencial industrial dessa espécie na região. O fato de os teores de carragenanas encontrados serem comparáveis aos registrados em outras

Tabela 1. Teor de carragenana (%) das biomassas fresca e residual da macroalga *Kappaphycus alvarezii* cultivada no Ribeirão da Ilha, Florianópolis (RIB) e Palhoça (PAL), no estado de Santa Catarina, ao longo das estações do ano
 Table 1. Carrageenan content (%) in fresh and residual biomass of the macroalgae *Kappaphycus alvarezii* cultivated in Ribeirão da Ilha, Florianópolis (RIB) and Palhoça (PAL), Santa Catarina State, across seasons

Amostra	Estação	Carragenana (%)	
		Biomassa Algal	Biomassa Residual
RIB 1	Outono	36,1 ± 12,0 ^c	19,9 ± 1,8 ^b
RIB 2	Outono	46,9 ± 0,9 ^b	14,9 ± 1,2 ^d
RIB 3	Inverno	49,7 ± 11,2 ^b	23,5 ± 7,3 ^b
RIB 4	Inverno	49,2 ± 6,1 ^b	20,9 ± 7,6 ^b
RIB 5	Primavera	21,8 ± 7,3 ^d	12,0 ± 1,6 ^d
RIB 6	Primavera	31,9 ± 3,4 ^{c *}	30,1 ± 5,1 ^{a *}
RIB 7	Verão	31,1 ± 2,8 ^c	11,8 ± 3,8 ^d
RIB 8	Verão	42,5 ± 4,8 ^b	27,4 ± 1,9 ^a
PAL 1	Outono	32,1 ± 6,0 ^c	13,3 ± 2,5 ^d
PAL 2	Outono	33,8 ± 6,9 ^c	11,3 ± 1,3 ^d
PAL 3	Inverno	21,4 ± 10,8 ^{d *}	16,7 ± 3,9 ^{c *}
PAL 4	Inverno	33,4 ± 8,7 ^{c *}	27,8 ± 2,7 ^{a *}
PAL 5	Primavera	17,0 ± 5,5 ^{d *}	19,1 ± 4,7 ^{b *}
PAL 6	Primavera	65,7 ± 5,6 ^a	23,0 ± 5,0 ^b
PAL 7	Verão	31,1 ± 10,1 ^c	15,2 ± 5,0 ^c
PAL 8	Verão	28,8 ± 6,6 ^{c *}	27,9 ± 2,5 ^{a *}
Média Geral		35,8 ± 13,8	19,7 ± 7,3

Valores com mesma letra dentro da coluna representam amostras que não diferem estatisticamente entre si (Scott & Knott, p<0,05). Valores com * representam amostras de alga e resíduo que não diferem estatisticamente entre si (Scott & Knott,<0,05%).
 # Values with the same letter within the column represent samples that do not differ statistically from each other (Scott & Knott, p<0.05). Values with * represent algae and residue samples that do not differ statistically from each other (Scott & Knott, <0.05%).

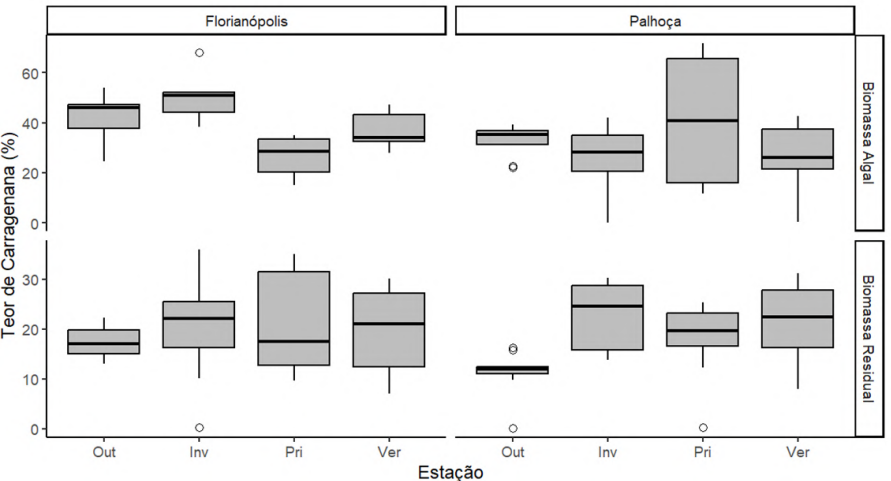


Figura 2. Teor de carragenana de *Kappaphycus alvarezii* cultivada no Ribeirão da Ilha, Florianópolis (RIB) e Palhoça (PAL), no estado de Santa Catarina, ao longo das estações do ano
 Fonte: Elaborado pelos autores (2025)
 Figure 2. Carrageenan content of *Kappaphycus alvarezii* cultivated in Ribeirão da Ilha, Florianópolis (RIB) and Palhoça (PAL), Santa Catarina State, across seasons
 Source: elaborated by the authors (2025)

regiões produtoras do mundo reforça a capacidade de produção deste polissacarídeo no Estado. Essa dinâmica sazonal nos teores de carragenana reflete uma sinergia entre fatores ambientais dinâmicos: luz moderada da primavera (Zhang *et al.*, 2024) e o aumento sazonal de nutrientes costeiros (Long *et al.*, 2024) potencializam a fotossíntese e a alocação de carbono para polissacarídeos estruturais, enquanto condições de elevado CO₂ e luz intensa em outras estações, redirecionam recursos para mecanismos de estresse, reduzindo a síntese de carragenana, porém mantendo sua viabilidade em biomassas residuais.

É relevante ressaltar que, embora os resíduos sólidos apresentem teores inferiores do polissacarídeo em comparação às macroalgas, eles representam uma valiosa oportunidade tecnológica que precisa ser melhor estudada. Tais resíduos oferecem possibilidade de desenvolvimento de novos processos e tecnologias de extração mais eficientes, resultando em um aproveitamento mais completo do polissacarídeo e de outros possíveis compostos com relevante valor comercial. A utilização do resíduo sólido pode contribuir significativamente para a redução de subprodutos da indústria de biofertilizante algal e o desenvolvimento de produtos ecológicos de maior valor agregado (devido ao baixo custo de produção), fortalecendo a cadeia produtiva de *K. alvarezii* de forma ambientalmente responsável, a partir de uma ótica de economia circular.

Contribuições dos autores

FSD: Escrita – Primeira redação, Validação, Investigação, Análise formal. AN: Escrita – Primeira redação, Análise formal. ARS: Escrita – revisão e edição. ERO: Escrita – revisão e edição. AAS: Escrita – revisão e edição. GPPL: Escrita – revisão e

edição. SM: Escrita – revisão e edição. MM: Conceituação, Administração do projeto, Financiamento, Escrita – revisão e edição.

Conflitos de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesses neste trabalho.

Dados de pesquisa

Dados serão disponibilizados pelo autor por solicitação.

Financiamento

Este trabalho não obteve financiamento.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela bolsa a F.S.D. (processo nº 88887.696139/2022-00); à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), por meio da bolsa 2023/03886-1 a A.N. e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas a M.M (processo nº 405949/2022-7), E.R.O. (processo nº 303956/2023-2), A.R.S (processo nº 142391/2020-4) e G.P.P.L (processo nº 311719/2023-6), que contribuíram significativamente para a realização desta pesquisa. Os autores agradecem também às empresas Algas Brasil e Verdemar pela gentileza quanto à doação das amostras de *K. alvarezii*.

Referências

BRASIL. IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Instrução Normativa nº 1, de 21 de janeiro de 2020**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-1-de-21-de-janeiro-de-2020-239404226>.

in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-1-de-21-de-janeiro-de-2020-239404226.

DAS, A.K.; SHARMA, M.; MONDAL, D.; PRASAD, K. Deep eutectic solvents as efficient solvent system for the extraction of κ-carrageenan from *Kappaphycus alvarezii*. **Carbohydrate Polymers**, v.136, p.930-935, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.09.114>.

HAYASHI, L. **Extração, teor e propriedades de carragenana de *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex P. Silva, em cultivo experimental em Ubatuba, SP**. 2001. 83p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MAMAT, H.; ABDUL AZIZ, A.H.; ZAINOL, M.K.; PINDI, W.; MOHAMMAD RIDHWAN, N.; KOBUN, R.; PUTRA, N.R. Utilizing seaweeds for food production and applications: A comprehensive review of *Kappaphycus alvarezii*. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v.33, n.7, p.553–572, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1080/10498850.2024.2381011>

LONG, C.; ZHANG, Y.; WEI, Z.; LONG, L. High nutrient availability modulates photosynthetic performance and biochemical components of the economically important marine macroalga *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta) in response to ocean acidification. **Marine Environmental Research**, v.194, n.106339, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2023.106339>

MANUHARA, G.J.; PRASEPTIANGGA, D.; RIYANTO, R.A. Extraction and characterization of refined κ-carrageenan of red algae [*Kappaphycus alvarezii* (Doty ex P.C. Silva, 1996)] originated from Karimun

Jawa Islands. **Aquatic Procedia**, v.7, p.106-111, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2016.07.014>.

OLIVEIRA, E.C.; SILVA, B.N.T.; AMANCIO, C.E. Fitobentos (Macroalgas). In: LOPES, R. M. **Informe sobre as espécies invasoras marinhas do Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p.107-139. 2009.

RUDKE, A.R.; ANDRADE, C.J.; FERREIRA, S.R.S. *Kappaphycus alvarezii* macroalgae: An unexplored and valuable biomass for green biorefinery conversion. **Trends in Food Science & Technology**, v.103, p.214-224, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.018>.

RUDKE, A.R.; SILVA, M.; ANDRADE, C.J.; VITALI, L.; FERREIRA, S.R.S. Green extraction of phenolic compounds and carrageenan from the red alga *Kappaphycus alvarezii*. **Algal Research**, v.67, p.1-9, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102866>.

SANTOS, A.A.; DOROW, R.; ARAÚJO, L.A.; HAYASHI, L. Socioeconomic analysis of the seaweed *Kappaphycus alvarezii* and mollusks (*Crassostrea gigas* and *Perna perna*) farming in Santa Catarina State, Southern Brazil. **Custos e Agronegócio**, v.14, n.3, p.443-472, 2018.

SANTOS, A.A. Produção da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em Santa Catarina, safra 2023/2024. **Agropecuária Catarinense**, v.37, n.3, p.9–11, 2024.

ZHANG, Y.; XIAO, Z.; WEI, Z.; LONG, L. Increased light intensity enhances photosynthesis and biochemical components of red macroalga of commercial importance, *Kappaphycus alvarezii*, in response to ocean acidification. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.208, n.108465, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.108465>

Morning glory (*Ipomoea grandifolia*) management with winter cover crops

Mateus Joaquim Duminelli Furquim¹, Henrique von Hertwig Bittencourt², Leonardo Khaoê Giovanetti³,
Lisandro Tomas da Silva Bonome² and Michelangelo Muzell Trezzi⁴

Abstract – Morning glory (*Ipomoea grandifolia*) is a resilient species that presents challenges for effective control, particularly due to herbicide-resistant biotypes. Our study evaluates the impact of winter cover crops shoot dry mass on morning glory establishment and development. The experiment was carried out in controlled conditions, utilizing shoots from black oat (BO), ryegrass (RG), vetch (VE), oilseed radish (OR), BO+VE, BO+OR, RG+VE, RG+OR, VE+OR, and a control group with uncovered soil. Cover crops reduced morning glory emergence up to 65%. Root length was suppressed up to 70%, while stem length and dry mass decreased by up to 20% and 76%, respectively, compared to the control group. Oilseed radish demonstrated the highest potential in suppressing morning glory.

Index terms: Cultural management; Integrated management; *Raphanus sativus*; weed.

Controle de corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*) com plantas de cobertura de inverno

Resumo – A corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*) é uma espécie que tem apresentado desafios para seu manejo, particularmente devido à existência de biótipos resistentes a herbicidas. Nosso estudo avaliou a influência da massa seca de plantas de cobertura de inverno e suas combinações no estabelecimento e na capacidade de desenvolvimento inicial de corda-de-viola. O experimento foi conduzido em condições controladas, utilizando resíduos das plantas de cobertura: aveia-preta (AV), azevém (AZ), ervilhaca (E), nabo-forrageiro (NF), AV+E, AV+NF, AZ+E, AZ+NF, E+NF e um controle sem plantas de cobertura. As plantas de cobertura impactaram a emergência de corda-de-viola, com redução de até 65%. O comprimento de raiz foi suprimido até 70%, enquanto a altura de planta e a massa seca diminuíram em 20% e 76%, respectivamente, em comparação com o controle. Nabo forrageiro apresentou o maior potencial de supressão de corda-de-viola.

Termos de indexação: Manejo cultural; Manejo integrado; Planta daninha; *Raphanus sativus*.

Among the various challenges of agricultural production, weeds represent a significant problem due to high management costs, weed control difficulty, and crop damage. In conventional agriculture, the control of these species is highly dependent on herbicides, representing approximately 61% of chemical products sold for use in Brazilian agriculture in 2022 (BRASIL, 2024). The inappropriate use of herbicides causes several environmental and human health problems, leading to the development of herbicide-resistant weed biotypes. Several weed species have herbicide-resistant biotypes in Brazil, and morning glory (*Ipomoea grandifolia*) is one of them (Pazuch *et al.*, 2017).

The use of cover crops is an effective practice for managing weed populations in agricultural areas by using different mechanisms, such as the physical effect of straw deposition and the chemical impact of the production and release of allelochemicals (Reginatto *et al.*, 2020). However, information is needed on the effect of using different species of winter cover crops on the establishment and initial development of morning glory. We sought to evaluate the effect of dry masses of black oat (*Avena strigosa*), ryegrass (*Lolium multiflorum*), vetch (*Vicia sativa*), and oilseed radish (*Raphanus sativus*), single and intercropped, on morning glory emergence and initial development.

The experiment was conducted

in 2022 at the Federal University of Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul, Paraná, Brazil. In March, in an experimental area, black oat (BO), ryegrass (RG), vetch (VE), and oilseed radish (OR) were sown in densities of 70; 30; 65 and 15kg ha⁻¹, respectively, in soil with prior incorporation of tanned cattle manure (30Mg ha⁻¹). The cover crops were cut close to the ground 60 days after sowing, and its dry mass was determined (6.4; 2.6; 3.9, and 9.8 Mg ha⁻¹ for BO, RG, VE, and OR, respectively). Subsequently, in a greenhouse (25±3°C) with sprinkler irrigation (12mm day⁻¹), the dry shots from the cover crops were placed on the soil surface of 8-liter pots (24 and 23cm wide and depth, respectively) in the proportions of 100% BO, 100% RG,

Received on 11/14/2024. Accepted for publication on 02/11/2024.

Editor: Luiz Augusto Martins Peruch

¹ Agronomist, e-mail: mateus-duminelli@outlook.com

² Agronomist, Dr., Federal University of Fronteira Sul, e-mail: henrique.bittencourt@uffs.edu.br, lisandro.bonome@uffs.edu.br

³ Agronomist, Me., Federal University of Santa Catarina, e-mail: leonardokgiovannetti@gmail.com

⁴ Agronomist, Dr., Federal Technological University of Paraná, e-mail: trezzi@utfpr.edu.br

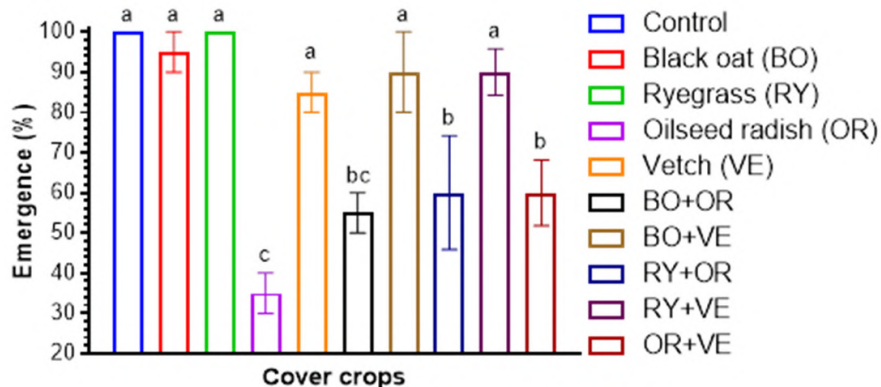
DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v38i1.1953>

100% VE, 100% OR, 50% BO + 50% VE, 50% BO + 50% OR, 50% RG + 50% VE, 50% RG + 50% OR, 50% VE + 50% OR and 0% cover crops (control group), which consisted of the treatments, with four replications in a completely randomized design. Five morning glory seeds were sown per pot, after immersion in water initially heated at 95°C for 24h for seed dormancy breaking.

The percentage of morning glory emergence was determined by counting normal plants. On the 30th day after seeding, the plants were carefully extracted from the pots for measurements of their stem and primary root length using a caliper. The dry mass of each plant was then measured using a scale after drying in an oven at 70°C until constant weight. Data were subjected to the Shapiro-Wilk test for normality before analysis of variance (ANOVA) ($p < 0.05$). The means were compared using Duncan's test ($p < 0.05$) in the computational application R 4.2.0.

Treatments with oilseed radish (OR) reduced morning glory emergence by up to 65%, whereas other treatments showed no difference compared to the control group (Figure 1). This finding aligns with previous observations by Guerra *et al.* (2015), who also noted the suppressive effect of Brassicaceae on morning glory emergence, highlighting its potential for weed cultural management.

Plants from the Brassicaceae family, particularly OR, produce glucosinolates that enzymatically transform into



The same letters do not differ on Duncan test ($p < 0.05$). CV(%)=18.4

Figure 1. Emergence of morning glory (*I. grandifolia*) under different soil covers in controlled conditions in Laranjeiras do Sul, PR, Brazil

Figura 1. Emergência da corda de viola (*I. grandifolia*) com diferentes coberturas do solo em condições controladas em Laranjeiras do Sul, PR, Brasil

isothiocyanates (ITC) (Jabran, 2017). These compounds have been demonstrated to inhibit the germination of weeds such as lambsquarters (*Chenopodium album*) and common chickweed (*Stellaria media*) (Kunz *et al.*, 2016). The hypothesis of an allelopathic involvement of OR on morning glory can be verified by research in the future.

The soil cover with OR and RY+VE reduced the stem length of morning glory by 26 and 28% in comparison to BO, respectively, while the remaining treatments did not differ from each other (Figure 2a). The decrease in morning glory stem length may also be linked to natural products produced by these plants, such as glucosinolates, gallic acid, and cyanamide, produced by OR (KUNZ *et al.*, 2016), RY (Vitalini

et al., 2020), and VE (Sun *et al.*, 2022), respectively.

The primary root length of morning glory was reduced up to 70% with RY+OR in comparison to the control group, and only BO and RY did not differ from the latter (Figure 2b). The influence of OR may also be linked to the production of glucosinolates, because the higher sensitivity of the root system compared to the aerial parts of plants is documented in the literature (YI *et al.*, 2016). This is likely due to the radicle being the first plant organ to encounter chemical compounds in the environment during germination.

The morning glory dry mass was reduced up to 79% with OR compared to the control group. Alone or intercropped with black oat (BO+OR), with ryegrass

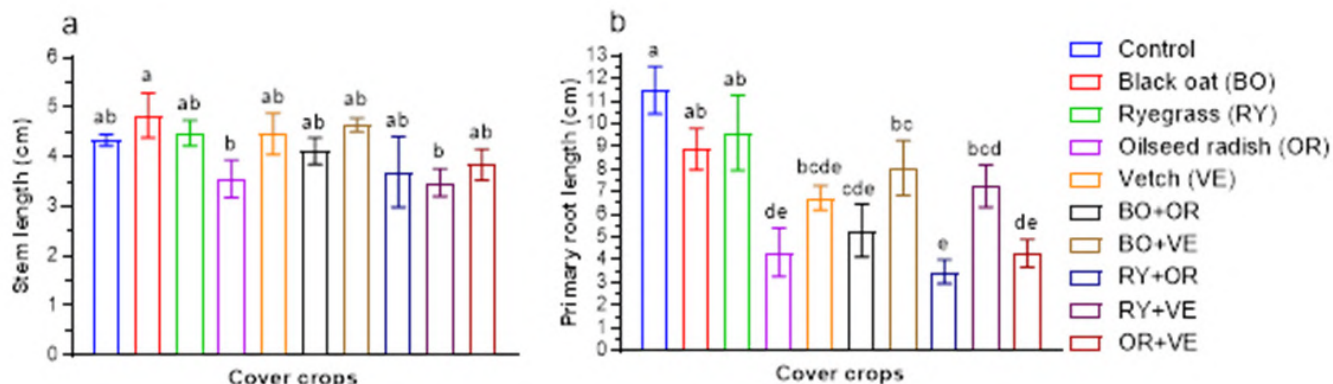


Figure 2. Stem (a) and primary root length (b) of morning glory (*I. grandifolia*) under different soil covers in controlled conditions in Laranjeiras do Sul, PR, Brazil

Figura 2. Parte aérea e tamanho da raiz primária de corda de viola (*I. grandifolia*) com diferentes coberturas do solo em condições controladas em Laranjeiras do Sul, PR, Brasil

(RY+OR), or with vetch (OR+VE), oilseed radish pushed for the lowest morning glory dry mass (Figure 3).

Among the single cover crops tested, only OR reduced the dry mass of morning glory compared to the control group. This reduction in dry mass appears to be linked to inhibited root and shoot development, with the variables behaving similarly in relation to OR. Overall, single and intercropped OR reduced the establishment and initial development of morning glory, indicating its potential as an effective species for managing weeds, which should be confirmed by field experiments. To further elucidate the ecological dynamics between oilseed radish and morning glory, future studies should focus on identifying and quantifying the natural products responsible for their biological activity in plants.

In conclusion, soil cover with oilseed radish dry mass, alone or in combination with other cover crop species, decreased the emergence and initial development of the stem and primary root length of morning glory and its dry mass production.

Credit

Mateus Joaquim Duminelli Furquim, Henrique von Hertwig Bittencourt: conceptualization and methodology; Mateus Joaquim Duminelli Furquim, Henrique von Hertwig Bittencourt,

Leonardo Khaoê Giovanetti, Lisandro Tomas da Silva Bonome: formal analysis and investigation; Mateus Joaquim Duminelli Furquim, Henrique von Hertwig Bittencourt, Leonardo Khaoê Giovanetti, Lisandro Tomas da Silva Bonome and Michelangelo Muzell Trezzi: writing and revision.

Research data

The authors will make the research data available upon request.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest in the development of this study.

Acknowledgements

Federal University of Fronteira Sul.

References

BRASIL. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>. Acesso em 27 mai. 2024.

GUERRA, N.; NETO, A.M.O.; FLORA, R.; GUERRA, A.; MEERT, L.; BOTTEGA, E.L. Efeito de palhadas e

métodos de irrigações na supressão de plantas daninhas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.14, n.3, p.240-246, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811711432015240>

JABRAN, K. **Manipulation of Allelopathic Crops for Weed Control**. New York: Springer, 2017. 87p.

KUNZ, C.; STURM, D.J.; VARNHOLT, D.; WALKER, F.; GERHARDS, R. Allelopathic effects and weed suppressive ability of cover crops. **Plant Soil Environ.**, v. 62, n. 2, p. 60-66, 2016. DOI: <https://doi.org/10.17221/612/2015-PSE>

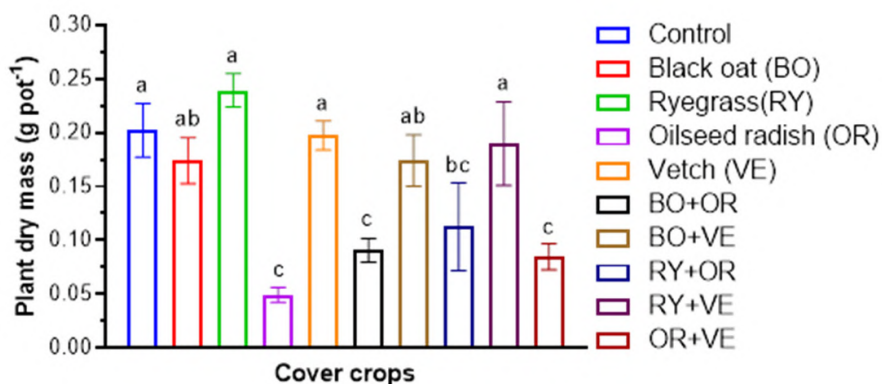
PAZUCH, D.; TREZZI, M.M.; GUIMARÃES, A.C.D.; BARANCELLI, M.V.J.; PASINI, R.; VIDAL, R.A. Evolution of natural resistance to glyphosate in Morning Glory Populations. **Planta Daninha**, v.35, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582017350100009>

REGINATTO, M.; BONOME, L.T.S.; GIOVANETTI, L.K.; BITTENCOURT, H.V.H.; TORMEN, L.; CONCEIÇÃO, P.C. Allelopathic potential from cover crops aqueous extract on weeds and maize. **Research, Society and Development**, v.9, n.10, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8579>

SUN, W.; YANG, C.; SHAN, X.; AN, M.; WANG, X. Allelopathic Toxicity of Cyanamide Could Control Amaranth (*Amaranthus retroflexus* L.) in Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Field. **Molecules**, v.27, n. 21, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27217347>

VITALINI, S.; ORLANDO, F.; PALMIOLI, A.; ALALI, S.; AIROLDI, C.; NONI, I.; VAGLIA, V.; BOCCHI, S.; IRITI, M. Different phytotoxic effect of *Lolium multiflorum* Lam. leaves against *Echinochloa oryzoides* (Ard.) Fritsch and *Oriza sativa* L. **Environ. Sci. Pollut. Res.**, v.27, p.33204–33214, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09573-8>

YI, G.; LIM, S.; CHAE, W.B.; PARK, J.E.; PARK, H.R.; LEE, E.J.; HUH, J.H. Root Glucosinolate Profiles for Screening of Radish (*Raphanus sativus* L.) Genetic Resources. **J. Agric. Food Chem.**, v.13, n.64, p. 61-70. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b04575>



The same letters do not differ on Duncan test ($p < 0.05$). CV(%)=31.1

Figure 3. Dry mass of morning glory (*I. grandifolia*) under different soil covers in controlled conditions in Laranjeiras do Sul, PR, Brazil

Figura 3. Massa seca da corda de viola (*I. grandifolia*) com diferentes coberturas do solo em condições controladas em Laranjeiras do Sul, PR, Brasil

Captação de sementes do mexilhão *Mytilus galloprovincialis* em coletores artificiais dispostos em áreas de cultivos em Bombinhas, Brasil

Leandro João Silva¹ e Thiago Pereira Alves²

Resumo – Santa Catarina se destaca na produção de moluscos bivalves, como mexilhões. No entanto, a presença do mexilhão *Mytilus galloprovincialis* e sua potencial competição com a espécie *Perna perna* levantam preocupações sobre possíveis impactos ecológicos e econômicos. O experimento de captação de sementes de mexilhões em campo observou a presença simultânea de *P. perna* e *Mytilus galloprovincialis*, além de outros invertebrados bênticos. Embora a média mensal de indivíduos por coletor tenha sido semelhante entre as espécies, *M. galloprovincialis* demonstrou um recrutamento mais forte a partir de julho de 2022, especialmente na área do Canto Grande. O mexilhão exótico demonstrou maior desenvolvimento inicial, mas não indica que há impacto expressivo na fixação de sementes de *P. perna*. O estudo sugere que o *M. galloprovincialis* está adaptado às condições locais, apresentando uma oportunidade econômica para a maricultura, enquanto o impacto ambiental potencial deve ser monitorado.

Termos de indexação: Aquicultura marinha; Assentamento; *Mytilus galloprovincialis*; *Perna perna*; Impacto Ecológico.

Settlement and recruitment of the mussels *Mytilus galloprovincialis* in artificial collectors on farming areas at Bombinhas, Brasil

Abstract – Santa Catarina stands out in the production of bivalve mollusks, such as mussels, due to the low cost and simplicity of cultivation. However, the presence of the exotic mussel *Mytilus galloprovincialis*, and its potential competition with the species *Perna perna*, raises concerns about the possible ecological and economic impacts. The field experiment on mussel seed collection observed the simultaneous presence of *P. perna* and *M. galloprovincialis*, in addition to other benthic invertebrates. Although the average number of individuals per collector was similar between species, *M. galloprovincialis* showed stronger recruitment from July 2022 onwards. The exotic mussel showed greater initial development, but did not indicate a direct impact on seed fixing on cultivation ropes. The study suggests that *M. galloprovincialis* may be adapted to local conditions and represent an economic opportunity for local marine aquaculture, while the potential environmental impact should be monitored.

Index terms: Marine aquaculture; Settlement; *Mytilus galloprovincialis*; *Perna perna*; Ecological impact.

Na aquicultura marinha nacional o estado de Santa Catarina se destaca na produção de moluscos bivalves. Em 2023, produziu 8.290 toneladas, movimentando aproximadamente R\$ 67 milhões, dos quais mais de R\$ 34 milhões são oriundos diretamente da produção de mexilhões (BRASIL, 2024).

Atualmente a produção da malacocultura catarinense explora três grupos de moluscos bivalves (mexilhões, ostras e vieiras), sendo o mexilhão *Perna perna* a principal espécie

cultivada (5.263 toneladas em 2023). A mitilicultura em Bombinhas emprega o sistema de coletores de superfície, com coletores artificiais dispostos na água para que as larvas possam aderir e se desenvolver, estabelecendo o cultivo desde a fase inicial, com a captação da semente até a fase de retirada da água (colheita), tendo baixo investimento empregado no cultivo (Resgalla *et al.*, 2007; Suplicy, 2017; Lins e Rocha, 2022). Nos ambientes costeiros marinhos de Santa Catarina a captação de sementes

de mexilhões ocorre de forma intensa, proporcionando uma vantagem para o estabelecimento dos cultivos (Marenzi e Branco, 2005; Suplicy, 2020).

Nos últimos anos, no litoral de Santa Catarina, tem sido observada a presença de *Mytilus galloprovincialis* nos sistemas de produção, indicando que o recrutamento desta espécie esteja ocorrendo nesta região (Belz *et al.*, 2020; Lins *et al.*, 2021; Suplicy, 2022). Assim, o estudo do comportamento das sementes de *M. galloprovincialis*

Recebido em 01/10/2024. Aceito para publicação em 21/02/2024.

Editor: Luiz Augusto Martins Peruch

¹ Empresário, Mestre, Grupo SilvaMar, Rua do Capim, 151, Zimbros, Bombinhas, SC, e-mail: leandro.zbs@gmail.com

² Docente, Doutor, Instituto Federal de Santa Catarina, Av. Ver. Abraão João Francisco, 3899, Ressacada Itajaí, SC, e-mail: thiago.alves@ifsc.edu.br

DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v38i1.1933>

fixadas nos coletores tradicionalmente utilizados para a captação de sementes da espécie *P. perna* pode contribuir para uma melhor compreensão da dinâmica de fixação de sementes entre as espécies de mexilhões.

No Parque Aquícola de Bombinhas dois grandes conjuntos de áreas de cultivo (Canto Grande e Zimbros) foram utilizados para verificar a captação de sementes de *M. galloprovincialis* em coletores artificiais, com a colaboração espontânea dos respectivos produtores.

Para avaliar a captação de sementes em cada conjunto de áreas foi elaborado um experimento de campo, que consistiu em observar a fixação de sementes de mexilhões entre junho e novembro de 2022 (inverno-verão) em coletores artificiais de superfície. Em cada área (réplica) de cada conjunto de áreas (tratamento) foi submerso um coletor composto por um cabo central de polipropileno trançado com alma (diâmetro de 14mm), revestido por uma rede de pesca de poliamida (abertura de malha 13cm, fio 0,60mm), segmentado em seis partes de um metro. Mensalmente um metro de cada coletor foi raspado, com o material disposto em sacos plásticos devidamente identificados.

O processamento das amostras consistiu na separação manual para remoção dos briozoários, seguido pelo peneiramento (10 e 2cm) e separação por densidade. Todos os organismos presentes na amostra foram visualmente identificados e quando necessário com o auxílio de um estereoscópio (Even), quantificados, categorizados por nível taxonômico de espécie (moluscos bivalves) e por grupo taxonômico mais amplo para os demais organismos.

O tratamento estatístico da quantidade de sementes captadas durante o período de experimento foi realizado através de testes estatísticos paramétricos (one-way Anova) dentro de cada tratamento, e não paramétricos (Wilcoxon test e Mann-Whitney test).

Durante o experimento de captação de sementes foram observadas as

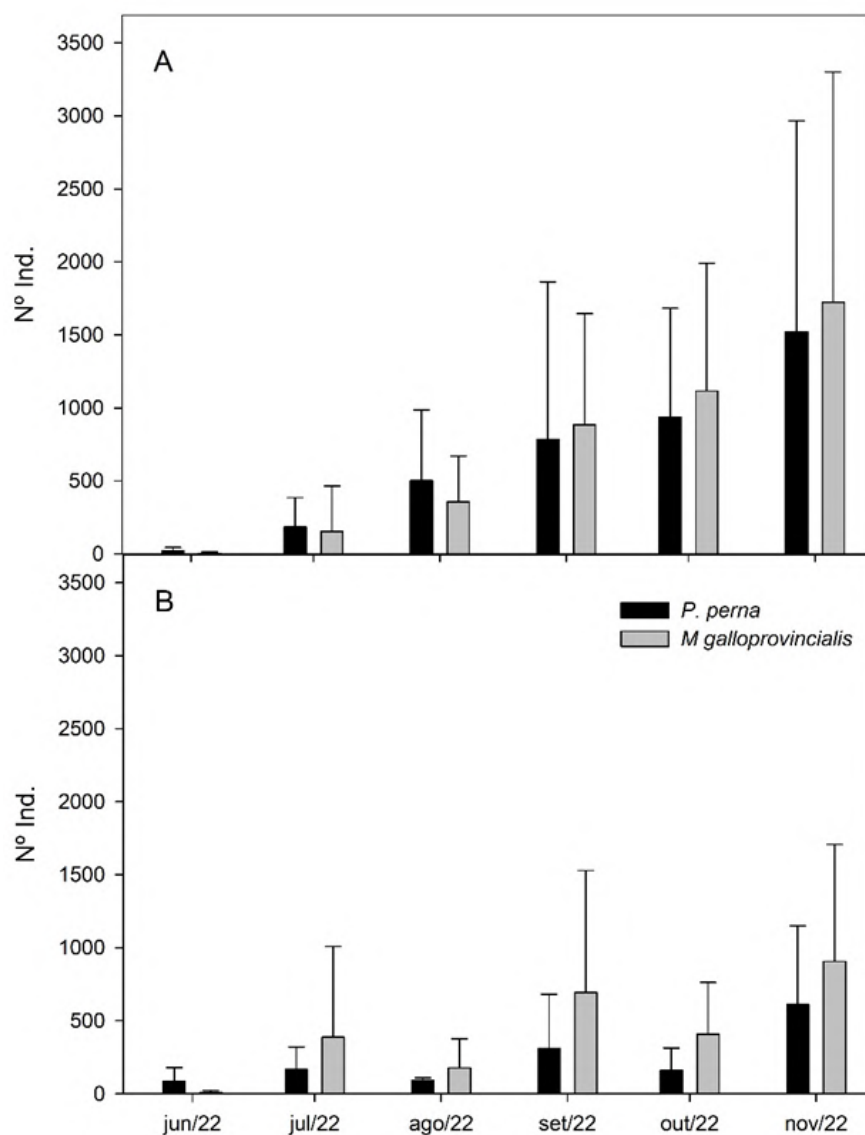


Figura 1. Média e desvio padrão da quantidade total de mexilhões de cada espécie (barras pretas: *Perna perna*; barras cinzas: *Mytilus galloprovincialis*), captados nos coletores ao longo do período de experimento em cada conjunto de áreas de cultivo (A: Canto Grande e B: Zimbros)

Figure 2. Mean and standard deviation of the total number of individuals of each species (black bars: *Perna perna*; gray bars: *Mytilus galloprovincialis*), settled in the collectors throughout the experimental period set of producer areas (A: Canto Grande and B: Zimbros)

presenças de ambas as espécies de mexilhões juntamente com outros invertebrados colonizando os coletores. Dentre os principais grupos de invertebrados observados, destacam-se outras espécies de moluscos bivalves, como ostras e berbigões, moluscos gastrópodes, briozoários, hidrozoários, esponjas e pequenos crustáceos.

Observamos que ambas as espécies de mexilhões coexistem com

captação visualmente expressiva a partir do segundo mês (julho/2022), apresentando um incremento no número de indivíduos no decorrer do período de experimento. A média mensal de indivíduos de cada espécie dentro de cada tratamento (Figura 2) foi similar ao longo do período de experimento, não demonstrando diferença significativa na quantidade de sementes captadas e indivíduos juvenis

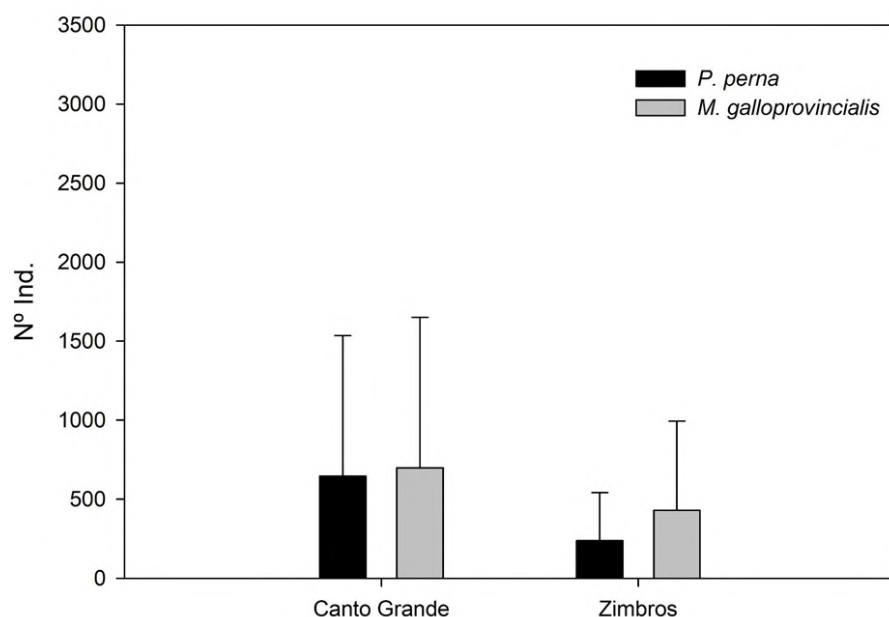


Figura 2. Média e desvio padrão da quantidade total de mexilhões que assentaram nos coletores, por espécie (barras pretas: *Perna perna*; barras cinzas: *Mytilus galloprovincialis*), em cada conjunto de áreas de produção ao longo do experimento (jun-nov/2022)
 Figure 3. Mean and standard deviation of the total number of individuals that settled on the collectors, by species (black bars: *Perna perna*; gray bars: *Mytilus galloprovincialis*), each set of producer areas throughout the experimental period (jun-nov/2022)

entre as espécies ($Z=1,84$; $p=0,066$), indicando que tanto o *P. perna* como o *M. galloprovincialis* tendem a se desenvolver com sucesso.

Em termos absolutos, somente em junho de 2022 (primeiro mês do experimento) houve o predomínio da espécie *P. perna* nos coletores, com o *M. galloprovincialis* apresentando maior quantidade de sementes em todas as áreas de cultivo nos demais meses do experimento (julho-novembro). Este fato permite inferir que o *M. galloprovincialis* demonstra melhor performance de desenvolvimento (estabelecimento, crescimento e sobrevivência) nos primeiros meses de fixação nos coletores, indicando uma possível pressão competitiva por espaço sobre a espécie nativa (*P. perna*). Ainda assim, sementes de *P. perna* demonstraram fixar-se nos coletores concomitantemente com a espécie exótica.

Entre os conjuntos de áreas de produção (Figura 3) não foram

observadas diferenças significativas na captação de sementes entre as espécies de mexilhão (Pp: $Z=0,82$, $p=0,408$; Mg: $Z=0,33$, $p=0,741$), embora na localidade do Canto Grande a quantidade de sementes captadas tenha sido visualmente superior do que em Zimbros.

Nos coletores dispostos no conjunto de áreas de Zimbros, a captação de sementes do mexilhão nativo foi aparentemente menor, mas estatisticamente não significativa ($F = 3,46$; $p = 0,070$) do que da espécie exótica, enquanto em Canto Grande, ambas as espécies apresentaram fixação de sementes nos coletores em igual proporção. Isso pode estar relacionado com aspectos hidrodinâmicos nas áreas de produção na parte norte da baía de Tijucas.

Destaca-se que o conjunto de áreas de Zimbros está mais exposto ao impacto de eventos meteorológicos e oceanográficos, exercendo condições ambientais mais severas para os

coletores e seus organismos associados (Oliveira *et al.*, 2024). Isso pode contribuir para que a quantidade de *M. galloprovincialis* nas classes de tamanho superior a 1cm seja inferior ao *P. perna*, devido à menor robustez do bisco na espécie exótica (Azpeitia *et al.*, 2019).

A classe de tamanho com maior quantidade de indivíduos captadas foi aquela de tamanho inferior a 1cm, com predomínio da espécie exótica a partir de setembro (quarto mês do experimento) na localidade do Canto Grande e de julho (segundo mês) em Zimbros. Na classe maior que 1cm e inferior a 3cm e na classe superior a 3cm houve predominância da espécie nativa em todos os coletores de ambas as localidades.

Em condições naturais as larvas de bivalves são dispersas pelas correntes marinhas, no entanto a principal via de introdução de espécies exóticas nos ambientes marinhos costeiros ocorre por meio da ação antrópica intencional ou incidental, como no caso das águas de lastro de navios (Oyarzún *et al.*, 2024).

Nossos resultados sugerem que *M. galloprovincialis* representa um organismo altamente adaptável, com sucesso invasivo e estabelecido no litoral norte de Santa Catarina. Neste estudo não foi possível observar uma influência negativa da presença desta espécie exótica sobre a espécie nativa, quanto ao aspecto do recrutamento de formas jovens (captação de sementes). Embora seja uma espécie exótica, o *M. galloprovincialis* trata-se de uma espécie explorada comercialmente em diversos países e que, neste sentido, apesar da ameaça ecológica, há de se considerar a oportunidade de incremento na diversificação de produtos da aquicultura marinha.

Contribuição dos autores

Leandro João Silva: Escrita – primeira redação, execução do experimento, coleta de amostras, metodologia, Investigação, Análise formal, Curadoria

de dados; Thiago Pereira Alves: Planejamento experimental, Análise formal, Tratamento estatístico, Revisão textual, Conceituação.

Conflitos de interesse

Declaramos para os devidos fins que este estudo não possui nenhuma forma ou tipo de conflito de interesse.

Dados de pesquisa

Dados serão disponibilizados pelo autor por solicitação

Financiamento

Não houve financiamento por parte de agências de financiamento nesse estudo.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), à Associação de Maricultores de Bombinhas (AMAB), à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) de Bombinhas e a todos que colaboraram com este estudo.

Referências

AZPEITIA, K.; RODRÍGUEZ-EZPELETA, N.; MENDIOLA, D. Settlement and recruitment pattern variability of the mussel *Mytilus galloprovincialis* Lmk. from SE Bay of Biscay (Basque Country). **Regional Studies in Marine Science**, v. 27, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100523>.

BELZ, C. E.; SIMONE, L. R. L.; SILVEIRA JÚNIOR, N.; BAGGIO, R. A.; GERNET,

M. V.; BIRCKOLZ, C. J. First record of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* (Bivalvia, mytilidae) in Brazil. **Papeis Avulsos de Zoologia**, v.60, 2020. DOI: <https://doi.org/10.11606/1807-0205/2020.60.07>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Observatório da Agropecuária Brasileira, 2024. Disponível em: <https://observatorio.agropecuaria.inmet.gov.br/plataformas/estatistica/> Acesso em: 01.ago.2024.

LINS, D. M.; ZBAWICKA, M.; WENNE, R.; POĆWIERZ-KOTUS, A.; MOLINA, J. R.A.; ALVES, L. P.; ROCHA, R. M. Ecology and genetics of *Mytilus galloprovincialis*: A threat to bivalve aquaculture in southern Brazil. **Aquaculture**, v.540, n.4, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736753>.

LINS, D. M.; ROCHA, R. M. Invasive species fouling *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae) mussel farms. **Marine Pollution Bulletin**, v.181, 2022. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113829>.

MARENZI, A. W. C.; BRANCO, J. O. O mexilhão *Perna perna* (Linnaeus) (Bivalvia, Mytilidae) em cultivo na Armação do Itapocoroy, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.22, n.2, p. 394–399, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0101-81752005000200013>

OLIVEIRA, R.; QUADRO, M. F. L.; HERDIES, D. L.; ANDRADE, H. N.. Seasonal climatology of cold fronts in south-central South America from an automated detection system. **Ciência e Natura**, v.46, 2024. DOI: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/>

[article/view/85472](https://doi.org/10.1590/s0101-81752005000200013).

OYARZÚN, P. A.; TORO, J. E.; NUÑEZ, J. J.; RUIZ-TAGLE, G.; GARDNER, J. P.A. The Mediterranean Mussel *Mytilus galloprovincialis* (Mollusca: Bivalvia) in Chile: Distribution and Genetic Structure of a Recently Introduced Invasive Marine Species. **Animals**, v.14, n.6, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani14060823>.

PIOLA, A. R.; PALMA, E. D.; BIANCHI, A. A.; CASTRO, B. M.; DOTTORI, M.; GUERRERO, R. A.; MARRARI, M.; MATANO, R.P.; MÖLLER, O.O.; SARACENO, M. Physical oceanography of the SW Atlantic shelf: A review. **Plankton Ecology of the Southwestern Atlantic**, v.1, p. 37–56, 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-77869-3_2

RESGALLA, C.; BRASIL, E. S.; LAITANO, K. S.; FILHO, R. W. R.. Physioecology of the mussel *Perna perna* (Mytilidae) in Southern Brazil. **Aquaculture**, v.270, n.1–4, p.464–474, 2007. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.05.019>.

SUPLICY, F. M. **Cultivo de mexilhões: sistema contínuo e mecanizado**. Florianópolis: Epagri, 2017. 124p.

SUPLICY, F.M. A review of the multiple benefits of mussel farming. **Reviews in Aquaculture**, v.12, n.1, p.204–223, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/raq.12313>

SUPLICY, F.M. O mexilhão invasor *Mytilus galloprovincialis* e seu risco para a maricultura de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v.35, n.3, p. 33–36, 2022. DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v35i3.1463>

Efeito do biofertilizante de *Kappaphycus alvarezii* no enraizamento de estacas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.)

Felipe de Souza Dutra^{1,2*}, Aline Nunes³, Eva Regina Oliveira² e Marcelo Maraschin²

Resumo – Este estudo investigou o efeito do biofertilizante derivado da macroalga *Kappaphycus alvarezii* no enraizamento de estacas de manjeriço (*Ocimum basilicum*). Para avaliar a eficácia de diferentes concentrações (0, 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 8 e 16 mL L⁻¹) do biofertilizante na promoção da rizogênese, foram realizadas contagens do número de raízes após 7 dias e após 14 dias, e medição do comprimento máximo e total das raízes aos 14 dias. O teste de Scott & Knott ($p < 0,05$) foi aplicado aos dados coletados ao término do experimento. As concentrações de 4 mL L⁻¹, 8 mL L⁻¹ e 16 mL L⁻¹ do biofertilizante resultaram em aumentos significativos ($p < 0,05$) no número de raízes do manjeriço em relação ao controle (água destilada), após 14 dias. Esses resultados reforçam o potencial agrônomo do biofertilizante de *K. alvarezii* no desenvolvimento radicular do manjeriço, contribuindo, assim, para sua propagação vegetativa.

Termos para indexação: Bioestimulante; Rhodophyta; Macroalga; Alga marinha.

Effect of *Kappaphycus alvarezii* biofertilizer on rooting of basil (*Ocimum basilicum* L.) cuttings

Abstract – This study investigated the effect of the biofertilizer derived from the macroalga *Kappaphycus alvarezii* on the rooting of basil (*Ocimum basilicum*) cuttings. To evaluate the effect of different concentrations (0, 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 8 e 16 mL L⁻¹) of biofertilizer's efficacy in promoting rhizogenesis, root counts were performed after 7 days and 14 days, and the maximum and total root length were measured at 14 days. The Scott & Knott test ($p < 0.05$) was applied to the data collected at the end of the experiment. Concentrations of 4 mL L⁻¹, 8 mL L⁻¹, and 16 mL L⁻¹ of the biofertilizer resulted in significant increases ($p < 0.05$) in root number for basil compared to the control (distilled water), after 14 days. These results highlight the agronomic potential of *K. alvarezii*-based biofertilizer in the vegetative propagation of agricultural species, contributing to more sustainable farming practices.

Index terms: Biostimulant; Rhodophyta; Macroalgae; Seaweed.

A macroalga *Kappaphycus alvarezii* vem ganhando destaque no mercado de bioinsumos agrícolas como fonte de extrato aquoso com efeito biofertilizante, otimizando o desenvolvimento e a produção vegetal. Estudos demonstram que o biofertilizante estimula o desenvolvimento radicular, melhora a qualidade do solo e contribui para a sanidade e a produção, devido à presença de compostos bioativos (Nunes *et al.*, 2024). Assim, o uso de biofertilizantes de algas constitui-se como uma abordagem sustentável, inovadora e que contribui para a redução do uso de fertilizantes químicos, atendendo às demandas atuais por práticas agrícolas mais eficientes e ambientalmente responsáveis (Ali; Ramsubhag; Jayaraman, 2021).

No Brasil, o cultivo comercial de *K. alvarezii* foi autorizado recentemente no estado de Santa Catarina (Brasil,

2020), oportunizando o escalonamento da produção de biofertilizante derivado desta espécie. Todavia, há lacunas na literatura científica quanto ao potencial de uso em sistemas de produção de mudas, via propagação vegetativa, de espécies de interesse agrônomo.

O manjeriço (*Ocimum basilicum* L.), planta aromática e medicinal de destaque na culinária global, é valorizado por suas folhas de sabor e aroma característicos, essenciais como tempero e na extração de óleos para indústrias de alimentos, bebidas e perfumes. Além disso, suas propriedades terapêuticas auxiliam na prevenção e tratamento de doenças (Azizah *et al.*, 2023). A propagação vegetativa, técnica que utiliza partes como galhos e folhas, destaca-se por ser simples, rápida e econômica, permitindo a produção de mudas em larga escala com uniformidade

de genética e preservação das características da planta matriz. Esse método é fundamental para garantir eficiência na multiplicação de variedades de interesse, especialmente em condições de espaço limitado, consolidando-se como uma ferramenta estratégica para o cultivo sustentável da espécie (Silva *et al.*, 2023).

Assim, o presente estudo objetivou determinar o efeito do biofertilizante de *K. alvarezii* no enraizamento de manjeriço (*Ocimum basilicum*). Adicionalmente, esta investigação visa contribuir para a validação do potencial rizogênico do extrato aquoso de *K. alvarezii*, oferecendo suporte ao registro do produto junto aos órgãos competentes e sua posterior aplicação no setor agrícola.

Para tal, estacas uniformes (~10cm, $n = 8/\text{tratamento}$) com um par de folhas opostas, reduzidas em 50% de área de

Recebido em 08/01/2025. Aceito para publicação em 15/04/2025.

Editora de seção: Marlise Nara Ciotta/ Epagri

¹ Engenheiro-agrônomo, Msc., UCS, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, RS. E-mail: felipedutra.rez@gmail.com*

² Engenheiro(a)-agrônomo(a), Dr.(a), UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. E-mail: ginagro@gmail.com; m2@cca.ufsc.br

³ Bióloga, Dra., UNESP, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, SP. E-mail: alinenunes_bio@hotmail.com

DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v38i1.1968>

limbo foliar, foram coletadas de plantas de manjeriço e transferidas a tubos Falcon (10mL) contendo as soluções (5mL) do biofertilizante nas concentrações de 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 8 e 16mL L⁻¹. Água destilada foi utilizada como controle. As estacas foram mantidas em ambiente controlado (~25°C; 12h fotoperíodo), durante 14 dias, recebendo reposição da solução conforme necessário. Aos 7 e 14 dias, as estacas foram coletadas e fotografadas para análise do número de raízes (n). Ao término do experimento, foram avaliados o comprimento da maior raiz (cm) e o comprimento total das raízes (cm).

Todos os dados foram submetidos à análise comparativa de médias via teste de Scott & Knott ($p < 0,05$), com suporte do programa AgroEstat (versão 1.1.0.712). Os gráficos de linha foram gerados utilizando-se *scripts* em linguagem R (RStudio versão 2023.06.0).

A análise do número de raízes das estacas de manjeriço não revelou efeito significativo do biofertilizante de *K. alvarezii* aos 7 dias de experimento ($p > 0,05$) (Figura 1a). Todavia, aos 14 dias foram detectados incrementos significativos ($p < 0,05$) de 48,4%, 51,3% e 57,1%, nas concentrações de 4mL L⁻¹ (6,50 ± 3,70), 8mL L⁻¹ (6,63 ± 2,26) e 16mL L⁻¹ (6,88 ± 2,64), respectivamente, em relação ao controle (Figura 1b). Por outro lado, o comprimento da maior raiz e o comprimento total de raízes de cada tratamento não diferiram estatisticamente em relação ao controle ($p > 0,05$) (Figura 1c e 1d).

Os resultados deste estudo destacam o potencial do biofertilizante à base de *K. alvarezii* como indutor de enraizamento no manjeriço. Mesmo em concentrações baixas de biofertilizante (4, 8 e 16mL L⁻¹), houve um aumento no número de raízes (Figura 2), o que poderia contribuir para uma maior superfície de contato com o solo e consequentemente maior aporte de água e nutrientes para as plantas. Isso ressalta o potencial de uso agrônomo deste bioinsumo e sugere a possibilidade de expansão de suas aplicações na agricultura, haja vista que seu uso para a multiplicação vegetativa ainda é pouco explorado na literatura. Estudo de Amatuzzi *et al.* (2020) descreve um aumento no comprimento da maior raiz de *Epidendrum secundum* na concentração de 50mg L⁻¹ do biofer-

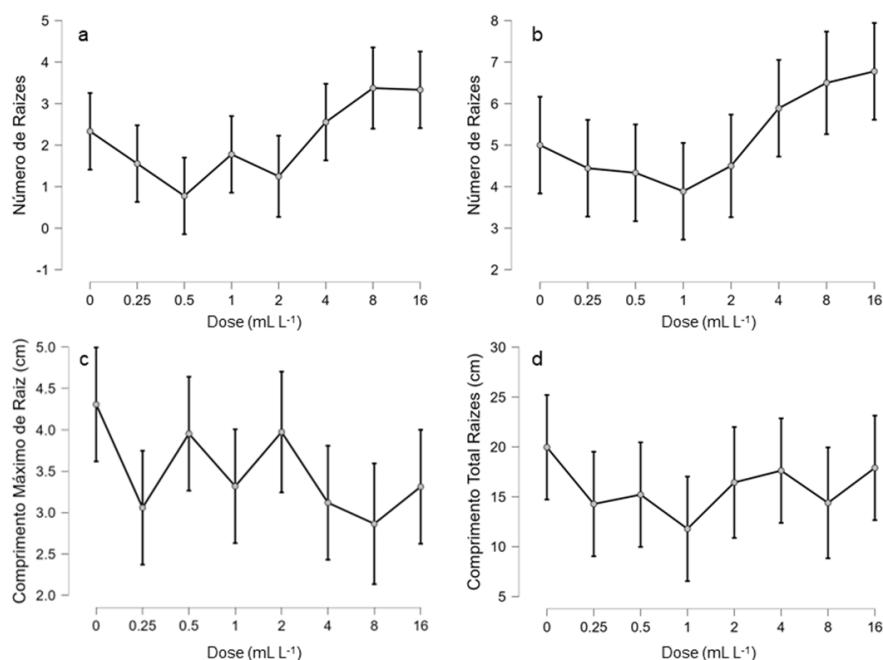


Figura 1. Número de raízes em estacas de manjeriço (*Ocimum basilicum*) aos 7 dias (a) e 14 dias (b), comprimento máximo das raízes (c) e comprimento total das raízes (d) após aplicação do biofertilizante de *Kappaphycus alvarezii* nas concentrações de 0, 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 8 e 16mL L⁻¹

Figure 1. Number of roots in basil (*Ocimum basilicum*) cuttings at 7 days (a) and 14 days (b), maximum root length (c) and total root length (d) after application of *Kappaphycus alvarezii* biofertilizer at concentrations of 0, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8 and 16mL L⁻¹

tilizante algal, porém um efeito contrário para o tratamento das estacas com 100mg L⁻¹ do produto. De forma semelhante, Dutta *et al.* (2023) observaram maior incremento no enraizamento de estacas lenhosas de kiwi (*Actinidia deliciosa*) na concentração de 10% (equivalente a 100mL L⁻¹) do biofertilizante de *K. alvarezii*, enquanto van Tol de Castro *et al.* (2024) detectaram incremento no comprimento máximo de raízes com a aplicação foliar do produto na concentração de 2% (20mL L⁻¹) em plantas de arroz. Os mecanismos pelos quais os extratos de algas marinhas promovem o enraizamento são complexos e multifacetados, incluindo estimulação hormonal, fornecimento de nutrientes, redução do estresse e melhoria na estrutura radicular (Loconsole *et al.*, 2024).

O conjunto de dados e os resultados observados permitem concluir que o biofertilizante de *K. alvarezii* não contribui para o aumento do comprimento das raízes, mas induz a rizogênese, permitindo aumentar a superfície de contato com o solo e uma maior absorção de água e nutriente. Assim, o biofertilizante pode ser empregado na promoção do enraiza-

mento de estacas de manjeriço. Como um insumo derivado de alga marinha, esse biofertilizante representa uma abordagem inovadora e sustentável, alinhada às demandas contemporâneas por práticas agrícolas que reduzam a dependência de produtos químicos sintéticos.

Contribuição dos autores

Felipe de Souza Dutra – Escrita – primeira redação, Validação, Metodologia, Investigação, Análise formal, Curadoria de dados, Conceituação. **Aline Nunes** – Escrita – primeira redação, Análise formal. **Eva Regina Oliveira** – Escrita – revisão e edição. **Marcelo Maraschin** – Escrita – revisão e edição, Recursos, Supervisão.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses neste trabalho.

Dados de pesquisa

Dados serão disponibilizados pelos autores por solicitação.

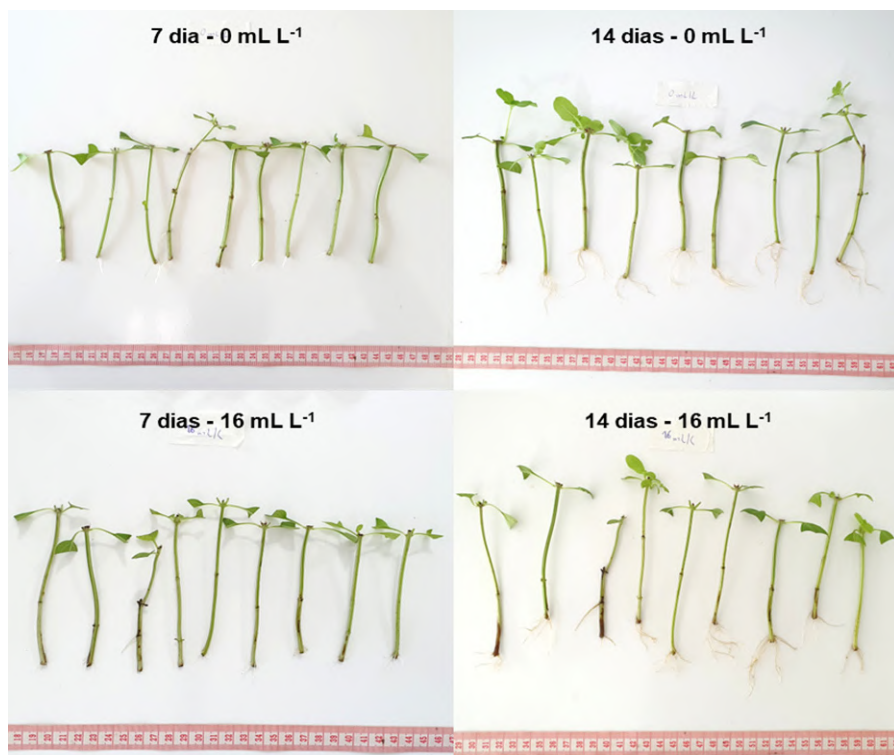


Figura 2. Enraizamento de estacas de manjeriço (*Ocimum basilicum*) aos 7 dias e 14 dias, nos tratamentos 0mL L⁻¹ e 16mL L⁻¹ do biofertilizante de *Kappaphycus alvarezii*
Foto: Felipe de S. Dutra, Aline Nunes, Eva R. Oliveira e Marcelo Maraschin

Figure 2. Rooting of basil (*Ocimum basilicum*) cuttings at 7 days and 14 days, in treatments 0mL L⁻¹ and 16mL L⁻¹ of *Kappaphycus alvarezii* biofertilizer

Photo: Felipe de S. Dutra, Aline Nunes, Eva R. Oliveira e Marcelo Maraschin

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa de F.S.D. (processo nº 88887.696139/2022-00), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), pela bolsa destinada à A.N. (processo nº 2023/03886-1) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas à E.R.O. (processo nº 303956/2023-2) e M.M. (processo nº 405949/2022-7). Os autores agradecem à Empresa VerdeMar pela gentileza quanto à doação da amostra do biofertilizante de *K. alvarezii*.

Referências

ALI, O.; RAMSUBHAG, A.; JAYARAMAN, J. Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: Implications towards sustainable crop production. **Plants**, v.10, n.3, p.1-27, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10030531>.

AMATUZZI, J.C.A.; VIEIRA, L.N.; SANT'ANNA-SANTOS, B.F.; NOSEDA, M.D.; FRAGA, H.P.F. Improved *in vitro* development of *Epidendrum secundum* (Orchidaceae) by using aqueous extract of the seaweed *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae). **Acta Physiologiae Plantarum**, v.42, n.8, p.1-9, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-020-03129-6>.

AZIZAH, N. S.; IRAWAN, B.; KUSMORO, J.; SAFRIANSYAH, W.; FARABI, K.; OKTAVIA, D.; DONI, F.; MIRANTI, M. Sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) - A review of its botany, phytochemistry, pharmacological activities, and biotechnological development. **Plants**, v.12, n.24, p. 4148-4172, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12244148>

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Instrução Normativa nº 1, de 21 de janeiro de 2020**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-nº1>

de 21 de janeiro de 2020-239404226. Acesso em 06 de janeiro de 2025.

DUTTA, S.K.; LAYEK, J.; YADAV, A.; DAS, S.K.; RYMBAL, H.; MANDAL, S.; SAHANNA, N.; BHUTIA, T.L.; DEVI, E.L.; LAHA, R.; MISHRA, V.K. Improvement of rooting and growth in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) cuttings with organic biostimulants. **Heliyon**, v.9, n.7, p.1-15, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17815>.

LOCONSOLE, D.; SCALTRITO, E.; SDAO, A.E.; CRISTIANO, G.; LUCIA, B. Application of commercial seaweed extract-based biostimulants to enhance adventitious root formation in ornamental cutting propagation protocols: a review. **Frontiers in Horticulture**, v.3, p.1-12, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fhort.2024.1371090>.

NUNES, A.; AZEVEDO, G.Z.; DUTRA, F.S.; SANTOS, B.R.; SCHNEIDER, A. R.; OLIVEIRA, E.R.; MOURA, S.; VIANELLO, F.; MARASCHIN, M.; LIMA, G.P.P. Uses and applications of the red seaweed *Kappaphycus alvarezii*: a systematic review. **Journal of Applied Phycology**, v.36, n.6, p.3409-3450, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-024-03270-6>.

SILVA, W. M.; LACERDA, L. A.; ROMAN, L. N.; NETO, D. C.; O; RIVA, ROMAN, A. M.; S.; ROMAN, M. L. Propagação vegetativa de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) por estacas de diferentes posições cultivadas sob diferentes substratos. **Scientific Electronic Archives**, v.16, n.5, p. 1-6, 2023. DOI: <https://doi.org/10.36560/16520231721>

VAN TOL DE CASTRO, T.A.; TAVARES, O.C.H.; TORCHIA, D.F.O.; PEREIRA, E.G.; RODRIGUES, N.F.; SANTOS, L.A.; VENDRAMINI, A.L.A.; MATA JR, M.R.; VIÉGAS, C.V.; BERBERA, R.L.L.; GARCÍA, A.C. Regulation of growth and stress metabolism in rice plants through foliar and root application of seaweed extract from *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta). **Journal of Applied Phycology**, v.36, n.4, p.2295-2310, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-024-03216-y>.

SCS382 Simone: Novo cultivar de rúcula para sistema orgânico de produção

Rafael Gustavo Ferreira Morales¹, Euclides Schallenger², Keny Henrique Mariguele³, Alexandre Visconti⁴ e Rafael Ricardo Cantú⁵

Resumo – O cultivar de rúcula ‘SCS382 Simone’ é resultado de um contínuo processo de seleção de plantas realizado pela Epagri, Estação Experimental de Itajaí, SC (EEI), de 2003 até 2018. Ao longo da seleção, plantas que apresentavam folhas largas, maior produtividade e melhor sanidade foram deixadas para florescimento, para a retirada de sementes. Quanto ao manejo, sempre foram adotadas as práticas preconizadas no sistema orgânico de produção. Este genótipo passou a ser comparado com cultivares comerciais, tanto na EEI como em tradicionais produtores orgânicos em oito municípios do litoral norte catarinense. Nesses ensaios, o genótipo selecionado destacou-se por apresentar maior produção e número de folhas e bom vigor das plantas. Devido à excelente qualidade do material genético, em 2023 foi registrado no Mapa sob o número 55221, sendo denominado ‘SCS382 Simone’.

Termos para indexação: *Eruca sativa* Mill.; Folha larga; Cultivo orgânico.

SCS382 Simone: new arugula cultivar selected in the organic production system

Abstract – The arugula cultivar ‘SCS382 Simone’ is the result of a continuous plant selection process carried out by Epagri, Estação Experimental de Itajaí-SC (EEI), from 2003 up to 2018. Throughout the selection, plants with broad leaves, greater yield and better health were left to flower for seed harvest. As for management, the practices recommended in the organic production system were always adopted. This cultivar began to be compared with commercial cultivars, both in the EEI and in traditional organic growers in eight farms on the north coast of Santa Catarina. In these trials, the elite population stood out for presenting greater production and number of leaves and good plant vigor. Due to the excellent quality of the genetic material, in 2023 it was registered in the Mapa under the number and called ‘SCS382 Simone’.

Index terms: *Eruca sativa* Mill.; Broadleaf; Organic farming.

Introdução

Dentre as hortaliças cultivadas no Brasil, a rúcula (*Eruca sativa* Mill.) é uma das folhosas que mais vem conquistando espaço no mercado, sendo consumida em saladas cruas e até em pizzas tradicionais (Laurett *et al.*, 2017). É uma hortaliça folhosa herbácea, pertencente à família *Brassicaceae*, originária do sul da Europa e da parte ocidental da Ásia. As folhas tenras são muito apreciadas na forma de salada, principalmente na região Centro-Sul do Brasil (Salles *et al.*, 2017).

Dentre as principais características da rúcula, pode-se destacar: crescimento rápido (20 a 25 dias após o plantio), sabor picante, cheiro agradável e distinto, folhas alongadas com lâminas bem

recortadas e cor verde-escuro (Abade *et al.*, 2021). Suas folhas são ricas em vitamina C e A, potássio, enxofre, ferro e cálcio (Borges *et al.*, 2014), bem como em compostos fenólicos, como luteína e zeaxantina. Por isso, possuem propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias que ajudam a melhorar a saúde ocular, controlar os níveis de açúcar no sangue e prevenir doenças cardiovasculares (Lima *et al.*, 2023).

Apesar de produzir melhor sob temperaturas amenas (20 a 25°C), ela tem sido cultivada ao longo do ano em diferentes condições climáticas no Brasil. A espécie produz bem quando cultivada no solo, tanto no sistema orgânico como convencional. As maiores produtividades têm sido obtidas em cultivo protegido. Adicionalmente, a cultura teve uma

boa adaptação ao cultivo hidropônico; sendo esta modalidade de cultivo um dos grandes responsáveis pela rápida expansão da cultura no Brasil.

Devido ao seu aumento de produção no Brasil e à ausência de cultivares próprias para uso em sistemas orgânicos, a Epagri-EEI, por meio de sua equipe de pesquisa, desenvolveu este novo cultivar de rúcula adaptado a sistemas orgânicos de produção.

Origem e histórico de obtenção do cultivar SCS382 Simone

O cultivar SCS382 Simone é resultado de um prolongado trabalho de seleção de plantas de rúcula realizado pela

Recebido em 18/10/2024. Aceito para publicação em 16/12/2024.

Editor de seção: Rogério Luiz Backes, UFSM

¹ Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Estação Experimental de Itajaí (EEI), Rodovia Antônio Heil, 6800, Itajaí, SC, CEP 88318-112, rafaelmoraes@epagri.sc.gov.br

² Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Estação Experimental de Itajaí (EEI), schallenger@epagri.sc.gov.br

³ Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Estação Experimental de Itajaí (EEI), kenymariguele@epagri.sc.gov.br

⁴ Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Estação Experimental de Itajaí (EEI), visconti@epagri.sc.gov.br

⁵ Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Estação Experimental de Videira (EEV), cantu@epagri.sc.gov.br

DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v38i1.1945>

Epagri, Estação Experimental de Itajaí, SC (EEI). O trabalho de seleção iniciou no ano de 2003, usando como população inicial os acessos de rúcula da coleção do Projeto Hortaliças da Epagri/EEI. Esses acessos foram obtidos em coletas de agricultores do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Esses agricultores tinham como característica a produção da sua própria semente e, via de regra, faziam a seleção das plantas que eram deixadas para produção de sementes. Os principais critérios relatados pelos agricultores na época estavam relacionados à sanidade foliar e vigor da planta.

Ao longo dos anos, foram deixadas para florescer as plantas com as seguintes características: maior número médio de folhas, folhas largas e plantas com aspecto visual de sanidade foliar. Desse modo, em cada plantio restavam os genótipos com fenótipos desejáveis, que eram deixados para a colheita de sementes. Esse processo ocorreu tanto em cultivo protegido como em cultivos a céu aberto, em áreas de 200m², com parcelas que variavam de 30 a 50 plantas, dependendo do ano, com seleção feita próxima ao ponto de colheita. As plantas indesejáveis, com sintomas de doenças foliares, raquíticas, ou fora do padrão das demais plantas da parcela, eram eliminadas, restando apenas as plantas desejadas dos genótipos selecionados. As sementes de todas as plantas eram colhidas dentro de um mesmo genótipo, formando uma nova amostra única por genótipo, que era semeada no ano seguinte para dar continuidade ao processo de seleção. Os genótipos com características indesejáveis eram eliminados. Esse processo de plantio, avaliação e descarte de genótipos indesejáveis ocorreu nos anos de 2003, 2004, 2005, 2015, 2016 e 2017, momento no qual remanesceu apenas um último genótipo.

Quanto ao manejo cultural, todo o processo de seleção foi feito sob o sistema orgânico de produção, tanto em abrigos de cultivo quanto em cultivos a céu aberto. Em 2018, a população resultante foi comparada com cultivares comerciais, visando à avaliação das suas características com os outros cultivares existentes no mercado.

Avaliação experimental do novo cultivar

As avaliações foram realizadas na EEI em abrigos de cultivo, em sistema orgânico de produção e em hidroponia. O delineamento foi em blocos ao acaso com cinco repetições e 50 plantas úteis por parcela. O cultivar SCS382 Simone foi comparado com outros três cultivares comerciais de rúcula. Os parâmetros de avaliação foram massa fresca de folhas (g maço⁻¹), número e comprimento das folhas.

O cultivar SCS382 Simone, quando cultivado em abrigos em sistema orgânico, destacou-se dos demais cultivares por apresentar maior produção vegetal, com peso variando de 76,00 a 93,71g maço⁻¹ ao longo de quatro anos de cultivo (peso médio de 83,40g maço⁻¹). Nos anos de 2019 e 2020, o cultivar comercial 3 apresentou produção equivalente ao novo cultivar, bem como ocorreu com o cultivar comercial 1 nos anos de 2021 e 2022. Contudo, ao levar em consideração a produção média dos quatro anos de cultivo, o cultivar SCS382 Simone se destacou frente aos demais, pela produção superior, e também devido ao melhor aspecto visual das plantas (Tabela 1).

Quando o cultivo foi realizado em hidroponia NFT, o peso médio observado de 'SCS382 Simone' foi superior àquele observado no solo, nos dois ciclos de cultivo, com peso de 117,11 e 99,27g maço⁻¹ nos anos de 2018 e 2019, respectivamente (Tabela 2).

Neste sistema de cultivo, o 'SCS382 Simone' não diferiu dos comerciais 1

e 2, em 2018; e nem do cultivar 3, em 2019. Contudo, mesmo assim, devido ao bom desempenho apresentado frente aos cultivares comerciais, pode-se indicar o cultivar SCS382 Simone para cultivos hidropônicos.

Avaliação participativa do novo cultivar por agricultores

Em 2022, o 'SCS382 Simone' foi avaliado em oito municípios de Santa Catarina em propriedades de tradicionais produtores orgânicos pelo processo de avaliação participativa, com envolvimento dos extensionistas municipais da Epagri, lideranças municipais e tradicionais produtores de rúcula. Em cada município, a comparação (testemunha) foi realizada com um cultivar comercial comumente utilizado no litoral norte catarinense. Em cada local de avaliação, utilizou-se o delineamento experimental de blocos completamente casualizados com três repetições e parcelas com 24 plantas.

As avaliações com agricultores que adotam o sistema orgânico de produção foram realizadas tanto em cultivo protegido, como a céu aberto; seguindo as práticas culturais que cada agricultor costumeiramente aplicava na sua produção de rúcula.

Nos oito municípios de avaliação, o 'SCS382 Simone' foi mais produtivo que o cultivar testemunha em quatro locais: Pouso Redondo, Luiz Alves, Doutor Pedrinho e Joinville; obteve produção equivalente em outros três locais: Porto Belo, Santo Amaro da Imperatriz

Tabela 1. Peso verde de plantas de rúcula produzidas em cultivo protegido em dois ciclos de cultivo no ano de 2020 no município de Itajaí, SC

Table 1. Fresh weight of arugula plants produced in protected cultivation during two growing cycles in 2020 in the municipality of Itajaí, SC

	2019	2020	2021	2022	Média
	-----g maço ⁻¹ -----				
'SCS382 Simone'	84,33 a	93,71 a	79,55 a	76,00 ab	83,40 a
Comercial 1	76,52 b	76,17 b	80,22 a	80,51 a	78,35 b
Comercial 2	67,79 c	77,67 b	72,73 b	65,47 c	70,91 c
Comercial 3	79,25 ab	87,45 a	77,01 a	70,65 bc	78,59 b

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05)

*Averages followed by the same lowercase letter in the column are not significantly different from each other according to the Tukey test (p<0.05)

Tabela 2. Peso verde e seco de plantas de rúcula produzidas em sistema hidropônico NFT em dois ciclos de cultivo nos anos de 2018 e 2019 no município de Itajaí, SC
Table 2. Fresh and dry weight of arugula plants produced in an NFT hydroponic system during two growing cycles in 2018 and 2019 in the municipality of Itajaí, SC

	Peso Verde		Peso Seco		Peso Verde		Peso Seco	
	-----2018-----				-----2019-----			
	-----g maço ⁻¹ -----							
‘SCS382 Simone’	117,11	a*	7,73	a	99,27	a	6,55	a
Comercial 1	105,87	A	6,88	ab	75,15	B	4,88	b
Comercial 2	105,53	A	6,55	bc	78,61	B	4,87	b
Comercial 3	86,99	B	5,48	c	94,76	a	6,03	a

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05)

**Averages followed by the same lowercase letter in the column are not significantly different from each other according to the Tukey test (p<0.05)*



Figura 1. Aspecto visual do cultivar de rúcula SCS382 Simone
 Foto: Rafael Gustavo Ferreira Morales
Figure 1. Visual appearance of the SCS382 Simone arugula cultivar
 Photo: Rafael Gustavo Ferreira Morales

e Timbó; e produção inferior apenas em Camboriú. O peso médio do maço de folhas do cultivar SCS382 Simone nos oito municípios foi de 60,64g, superior ao peso do cultivar comercial, que foi de 55,13g maço⁻¹. O município em que foi observada a maior produção foi Pouso Redondo, com 128,90g maço⁻¹. Por outro lado, no município de Joinville foi observada a menor produção média, tanto do cultivar SCS382 Simone como do cultivar comercial, com plantas pequenas e raquíticas, com peso médio

de 16,65 e 11,00g maço⁻¹ para o novo cultivar SCS382 Simone e o cultivar comercial, respectivamente (Tabela 3).
 Dentre os dois fatores analisados que compõem o fator produtivo da rúcula, o número de folhas foi o fator decisivo para a maior produção do cultivar SCS382 Simone. O número de folhas de 'SCS382 Simone' foi de 39,19 folhas por maço, superior ao observado no cultivar comercial, que foi de 33,56 folhas. Por outro lado, o comprimento das folhas no ponto de colheita do novo cultivar

não diferiu da média do cultivar comercial, com 29,80cm e 28,45cm, respectivamente (Tabela 3).

Descrições morfológicas e desempenho agrônômico

Considerando os dados obtidos a partir de 2018, tanto do cultivo na EEI - em abrigos, no campo a céu aberto, em hidroponia, bem como os dados obtidos nos oito municípios do litoral norte catarinense, obtém-se um valor médio consolidado das principais características do cultivar SCS382 Simone (Tabela 4).

O comprimento das folhas do cultivar foi de 28,6cm no ponto de colheita; o número de folhas foi de 46,8 folhas por maço; e o peso médio das folhas foi de 83,4g maço⁻¹. Além disso, outras características importantes do 'SCS382 Simone' foram: cor da semente preta clara; formato da folha larga; apresenta folha com espessura média; e a cor da folha é verde escura (Figura 1).

Perspectivas futuras

O 'SCS382 Simone' tem potencial para ser cultivado além do limítrofe do litoral norte do estado de Santa Catarina, principalmente em regiões tropicais e no cultivo de verão. O novo cultivar se adaptou muito bem ao cultivo orgânico, tanto em cultivos em abrigos como a céu aberto. Além disso, proporcionou resultados promissores em cultivos experimentais em hidroponia NFT, ampliando ainda mais a versatilidade do seu uso em diferentes sistemas de produção.

Disponibilidade de sementes

Devido ao excelente desempenho agrônômico do cultivar SCS382 Simone, foi obtido seu registro junto ao Registro Nacional de Cultivares (RNC), no Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), o qual recebeu a inscrição n. 55221, estando credenciado para comercialização desde 2023. Desse modo, as empresas de sementes de hortaliças interessadas participarão de um processo licitatório

Tabela 3. Comprimento das folhas, número de folhas e peso do maço do cultivar de rúcula SCS382 Simone em oito municípios catarinenses em comparação com um cultivar comercial (Testemunha) comumente cultivado pelos agricultores do litoral norte catarinense
 Table 3. Leaf length, leaf number, and bunch weight of the arugula cultivar ‘SCS382 Simone’ in eight municipalities in Santa Catarina, compared to a commercial cultivar (control) commonly grown by farmers on the north coast of Santa Catarina

Comprimento das folhas (cm)																		
	Pouso Redondo		Camboriú		Porto Belo		Santo Amaro		Timbó		Luiz Alves		Doutor Pedrinho		Joinville		Média	
‘SCS382 Simone’	38,00	b	23,58	a	51,32	a	34,83	a	18,90	a	32,21	a	23,10	a	16,46	a	29,80	a
Testemunha	45,85	a	24,97	a	49,76	a	33,67	a	15,80	a	24,79	b	16,71	b	16,10	a	28,45	a
nº Folhas por maço																		
‘SCS382 Simone’	62,70	a	34,83	a	40,94	a	46,33	a	34,20	a	33,99	a	30,06	a	30,47	a	39,19	a
Testemunha	41,17	b	32,13	a	39,96	a	42,17	a	28,60	a	28,67	a	30,19	a	25,59	b	33,56	b
Peso das folhas (g maço ⁻¹)																		
‘SCS382 Simone’	128,90	a	41,33	b	91,64	a	98,67	a	25,20	a	47,24	a	35,47	a	16,65	a	60,64	a
Testemunha	100,34	b	56,25	a	90,46	a	97,33	a	24,40	a	33,51	b	27,74	b	11,00	b	55,13	b

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada variável analisada, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05)
 *Averages followed by the same lowercase letter in the column, within each variable analyzed, are not significantly different from each other according to the Tukey test (p<0.05)

Tabela 4. Principais características do cultivar de Rúcula ‘SCS382 Simone’
 Table 4. Main characteristics of the ‘SCS382 Simone’ arugula cultivar

Peso médio do maço*	83,4 gramas
Comprimento médio das folhas	28,6 cm
Número médio de folhas por maço	46,8
Cor da semente	Preta
Forma da folha	Larga
Espessura da folha	Média
Cor das folhas externas	Verde Escura
Intensidade da cor das folhas	Escura

* Valores médios obtidos com base em todas as avaliações experimentais realizadas a partir de 2018
 * Average values based on all experimental evaluations conducted since 2018

para disponibilizar as sementes no mercado a partir de 2026.

Contribuição dos autores

Rafael Gustavo Ferreira Morales: Escrita – primeira redação, Validação, Metodologia, Investigação, Análise formal, Curadoria de dados. **Euclides Schallenberger:** Investigação e Conceituação. **Keny Henrique Mariguele:** Investigação, Análise formal e Conceituação. **Alexandre Visconti:** Escrita – revisão e edição, Investigação. **Rafael Ricardo Cantú:** Escrita – revisão e edição.

Conflito de interesses

Os autores declaram não ter conflitos de interesses no desenvolvimento deste trabalho.

Dados de pesquisa

Dados serão disponibilizados pelo autor por solicitação

Financiamento

Este trabalho não recebeu financiamento de órgãos de fomento a pesquisa.

Referências

ABADE, M.T.R.; KLOSOWSKI, É.S.; RAFAELI, A.A.; de SOUZA, F.L.B.; VERA CRUZ, M.S.F.; ALMEIDA, K.F. de; RIBEIRO, L.L.O. Desempenho agrônômico de rúcula em cultivo de inverno sob pleno sol e telas sombrite vermelha, prata e preta. **Brazilian Journal of Development**,

Curitiba, v.7, n.10, p. 100100-100117, 2021. Doi: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n10-360>.

BORGES, C.T.; DEUNER, C.; RIGO, G.A.; OLIVEIRA, S.; MORAES, D.M. O estresse salino afeta a qualidade fisiológica de sementes de rúcula? **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.19, p.1049-1057, 2014.

LAURETT, L.; FERNANDES, A.A.; SCHMILDT, E.R.; ALMEIDA, C.P. de; PINTO, M.L.P.B. Desempenho da alface e da rúcula em diferentes concentrações de ferro na solução nutritiva. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 60, n. 1, p. 45-52, 2017. Doi: <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2466>.

LIMA, A.L.L.; PEREIRA, N.J.G.; CASOLA, L.D.R.; GUALBERTO, R.; SPERS, R.C.; GAION, L.A. Efeito da adubação fosfatada na rúcula (*Eruca sativa* Mill.), visando alta produtividade. **Revista Unimar Ciências**, v.31, n.1-2, 2023.

SALLES, J.S.; STEINER, F.; ABAKER, J.E.P.; FERREIRA, T.S.; MARTINS, G.L. M. Resposta da rúcula à adubação orgânica com diferentes compostos orgânicos. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 2, p. 35-40, abr./jun. 2017. Doi: <https://doi.org/10.32404/rean.v4i2.1450>.

Modelo biometeorológico para a estimativa da distribuição temporal e espacial de gerações do *Aedes aegypti* em Santa Catarina, Brasil

Hamilton Justino Vieira¹, Joelma Miszinski², Everton Blainski³ e Carlos Eduardo Salles de Araújo⁴

Resumo – O objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo biometeorológico para a estimativa da distribuição temporal e espacial da duração e número de gerações do mosquito *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) para Santa Catarina, com base em dados de temperatura coletados em estações meteorológicas. O estudo foi baseado nas constantes térmicas da espécie e na série histórica de temperaturas horárias das estações meteorológicas automáticas da Epagri em Santa Catarina, entre 2001 a 2023 para Florianópolis e de 37 estações meteorológicas automáticas para o ano de 2022-2023. A estimativa da duração e número de gerações foi efetuada com uma equação quadrática relacionando o desenvolvimento do *A. aegypti* com as temperaturas médias horárias. Os cálculos possibilitaram determinar a duração em dias do ciclo ovo a fase adulta, sua distribuição mensal, número anual e a média histórica mensal de gerações. As condições de temperatura em Santa Catarina permitem a *A. aegypti* desenvolver, em média, 19 gerações anuais, com 1 a 2,5 gerações ao mês. A duração estimada do ciclo de vida variou de 10 a 30 dias de acordo com os meses do ano. O modelo possibilita calcular e disponibilizar a dinâmica temporal e espacial do número de gerações do mosquito, com base nas temperaturas horárias do ar provenientes de redes de estações meteorológicas.

Termos para indexação: Mosquito da dengue; Ecologia; Modelagem; Temperatura.

Biometeorological model for estimating the temporal and spatial distribution of *Aedes aegypti* generations in Santa Catarina, Brazil

Abstract – The objective of this work was to develop a biometeorological model to estimate the temporal and spatial distribution of the duration and number of generations of the mosquito *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) for Santa Catarina, based on temperature data collected in stations meteorological. The study was based on the thermal constants of the species and the historical series of hourly temperatures from Epagri's automatic meteorological stations in Santa Catarina, between 2001 and 2023 for Florianópolis and from 37 automatic meteorological stations for the year 2022-2023. The duration and number of generations were estimated using a quadratic equation relating the development of *A. aegypti* to hourly average temperatures. The calculations made it possible to determine the duration in days of the cycle from oviposition to adulthood, its monthly distribution, the annual number and the historical monthly average of generations. The temperature conditions in Santa Catarina allow *A. aegypti* to develop, on average, 19 generations per year, with 1 to 2.5 generations per month. The estimated duration of the life cycle varied from 10 to 30 days depending on the months of the year. The model makes it possible to calculate and provide a prediction of the temporal and spatial dynamics of the number of mosquito generations, based on hourly air temperatures from meteorological station networks.

Index terms: Dengue mosquito; Ecology; Modeling; Temperature.

Introdução

A proliferação do mosquito *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) tem sido estudada mundialmente por diversas instituições e autores. Sua importância reside no fato deste mosquito ser transmissor de várias doenças, como a den-

gue, chikungunya, zika e a febre amarela urbana, doenças estas chamadas de arboviroses. Estas doenças causam perdas humanas, grandes prejuízos ao erário público e à população em geral. Conforme painel de monitoramento de arboviroses do Ministério da Saúde do Governo Federal (2024), Santa Cata-

rina teve no ano de 2023 em torno de 114.270 registros de casos da Dengue.

Várias doenças transmitidas por mosquitos estão associadas às condições climáticas (Viana e Ignotti, 2013). O aumento da temperatura pode aumentar a quantidade e reduzir o tempo de desenvolvimento desses insetos.

Submetido em 26/01/2024. Aceito para publicação em 25/02/2025.

Editor de seção: Juracy Caldeira Lins Junior/ Epagri

¹ Engenheiro-agrônomo, PhD. Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (Epagri/Ciram), C.P.502, 88034-901, Florianópolis, SC, fone: (048) 3665 5006, e-mail: vieira@epagri.sc.gov.br,

² Analista de Sistemas, BSc. (Epagri/Ciram), e-mail: joelma@epagri.sc.gov.br;

³ Engenheiro-agrônomo, Dr. (Epagri/Ciram), e-mail: evertonblainski@epagri.sc.gov.br

⁴ Oceanógrafo, Dr., Epagri/Ciram, e-mail: kadu_araujo@epagri.sc.gov.br

DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v38i1.1812>

A aplicação de modelos matemáticos é de grande relevância para o melhor entendimento das particularidades que têm como foco o *A. aegypti* (Soares *et al.*, 2021). De acordo com os estudos de vários autores e instituições, as condições climáticas interferem na proliferação do inseto desde a ovoposição até a fase adulta. Dentre as variáveis apontadas que interferem no ciclo de vida do mosquito, viabilizando ou promovendo a aceleração ou diminuição da duração dos estádios de desenvolvimento, estão a temperatura, a umidade do ar e a precipitação pluviométrica (Bessera *et al.*, 2009; Barbazan *et al.*, 2010; Carneiro *et al.*, 2017; Eisen *et al.*, 2014; Soares *et al.*, 2021).

Conforme Eisen *et al.* (2014), a variação da temperatura pode ser de relevância para o desenvolvimento dos vários estádios do ciclo total ou número de gerações do mosquito da dengue. Ainda segundo o autor, os dados correspondentes ao padrão de precipitação são menos claros, embora as cidades com potencial durante todo o ano para alta abundância dos estágios ativos de *A. aegypti*, apresentam alta precipitação anual, maior que 1.450mm. Conforme estas informações, para o estado de Santa Catarina, localizado em região subtropical sob influência do Oceano Atlântico, a umidade do ar e a precipitação não são consideradas condições impeditivas para o desenvolvimento do mosquito. Contudo, mesmo não alterando as médias mensais, o ciclo de ocorrência dos mosquitos pode ser alterado. E isso tem reflexo nas estimativas por modelagem. Mas em normalidade climática com precipitação anual de 1.630mm e a média da umidade relativa do ar de 87% (Epagri, 2020), espera-se que os mosquitos tenham ciclos sem interrupções.

A importância do conhecimento da disponibilidade térmica para a estimativa da proliferação ou número de gerações do mosquito reside no fato de possibilitar o planejamento da adoção de medidas preventivas baseando-se na espacialização e no perfil temporal

do número de gerações do mosquito. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo biometeorológico para estimar a duração e o número de gerações do mosquito *A. aegypti* para Santa Catarina, disponibilizando *on-line* as previsões da dinâmica temporal e espacial do número de gerações do mosquito com base na rede de estações meteorológicas da Epagri/Ciram.

Materiais e métodos

Para a determinação da disponibilidade térmica e estimar o número de gerações anuais do *A. aegypti* para Santa Catarina, utilizaram-se as constantes térmicas obtidas por Beserra *et al.* (2009) para temperaturas de 18, 22, 26, 28, 32 e 34 ± 2°C e fotofase de 12 horas para os municípios de Boqueirão, Campina Grande e Remígio na Paraíba.

A partir desses dados gerou-se uma equação polinomial de segundo grau relacionando as temperaturas horárias e a duração relativa em horas do ciclo Ovo – Fase adulta. Esta metodologia foi utilizada para detalhar o desenvolvimento dos indivíduos a cada hora em sua respectiva temperatura. A utilização de graus dias (GD) adota um desenvolvimento para a média diária de temperatura e suas temperaturas bases, ou cardinais, inferiores e superiores, desconsiderando a oscilação da temperatura durante o período.

Os dados horários de temperatura média do ar foram coletados na estação meteorológica automática telemetrizada da Epagri, instalada no Centro de Treinamento da Epagri/Cetre, na Região Litorânea do município de Florianópolis, com Latitude -27,59°, Longitude -48,5° e Altitude 10m.

Para Florianópolis, a estimativa do número anual de gerações do inseto teve início no solstício de inverno (21/06) e o final no solstício de inverno do ano seguinte. A série iniciou em 24/06/2001 e terminou em 24/06/2023. Para os 22 anos com 365 dias anuais e 24 horas dos dias totalizaram aproximadamente 197 mil temperaturas horárias

do banco de dados da Epagri (2020). O número de gerações mensais foi determinado somando-se os eventos das gerações completadas em cada mês, ou seja, a cada desenvolvimento relativo igual à unidade, contabilizou-se uma geração e o somatório delas em cada mês totalizou o número de gerações no mês.

Com a metodologia utilizada para Florianópolis foi calculado o número de gerações do mosquito para as diversas regiões catarinenses no ano 2022-2023. A espacialização foi efetuada utilizando-se os dados horários dos anos 2022-2023 de 37 estações da rede de monitoramento da Epagri/Ciram. Para a geoespacialização das 37 estações e 365 dias com 24 horas, totalizaram 324 mil temperaturas médias horárias.

Os desenvolvimentos relativos dos mosquitos a cada hora entre a ovoposição e a emergência do adulto, baseados nas temperaturas médias horárias, bem como o número de gerações anuais, estão representados conforme equação abaixo;

$$NGA = \sum_{n=1}^{DRH\left(\frac{21}{06}\right)+1n} [1/(a * Th^2 - b * Th + c)]$$

NGA – Número de gerações anuais

DRH - Desenvolvimento relativo com base horária

Th – Média horária da temperatura do ar

DRH=21/06 primeira temperatura média horária do ano considerado.

DRH=21/06+n última temperatura média horária do ano seguinte em 21/06.

“a”, “b” e “c” - Coeficientes do polinômio

A soma do inverso da função (1/f(x)) indica que a unidade (1) representa uma hora e f(x) a fração de desenvolvimento do mosquito em uma hora na temperatura considerada. Conforme Beserra (2009), na temperatura constante de 28°C o total de horas de desenvolvimento seria de aproximadamente 9 dias, ou seja, 216 horas. Em uma hora sob essa temperatura o desenvolvimento parcial seria o inverso de 216 ou 0,00463.

Resultados e discussão

A equação $y = 3,2781x^2 - 203,66x + 3352,9$ (Figura 1) apresentou resultados semelhantes aos relatados em trabalhos desenvolvidos por vários autores. Eisen *et al.* (2014), por exemplo, relatam que, uma vez excedida a temperatura zero de desenvolvimento mais baixa, entre 10-14°C, existe uma relação quase linear até 30°C. Acima desta temperatura, a taxa de desenvolvimento é relativamente estável ou até diminui ligeiramente antes de cair drasticamente perto da temperatura zero de desenvolvimento superior, que ocorre entre 38 e 42°C. Para Costa *et al.* (2010), em temperaturas acima de 35°C, diversos aspectos da biologia do mosquito podem ser fortemente influenciados negativamente pela interação temperatura e umidade. Um estudo em São Paulo mostrou que, dentre todas as variáveis climáticas analisadas, a incidência de dengue foi mais afetada pela temperatura do ar (Azevedo *et al.* 2011). Os estudos mostram que o aumento na temperatura do ar influenciou a dinâmica das populações de *A. aegypti* e, consequentemente, a transmissão do vírus da dengue (Barbazan *et al.*, 2010).

É preciso denotar que o resultado do desenvolvimento temporal do mosquito da dengue foi baseado na equação acima, utilizando apenas a temperatura do ar. Possível validação das previsões com base na real ocorrência do mosquito nos diferentes locais propostos poderia dar maior entendimento da dinâmica populacional do mosquito. Cabe, no entanto, frisar que o modelo não propõe a estimativa do número de indivíduos. A modelagem da dinâmica populacional é complexa e exigiria a inclusão de múltiplos fatores, tais como: disponibilidade de corpos de água, umidade relativa do ar, frequência e quantidade de precipitações pluviométricas, velocidade do vento, entre outras.

Independentemente de outros fatores, as variações de temperatura e a intensidade das chuvas afetam o ciclo reprodutivo e a sobrevivência do mos-

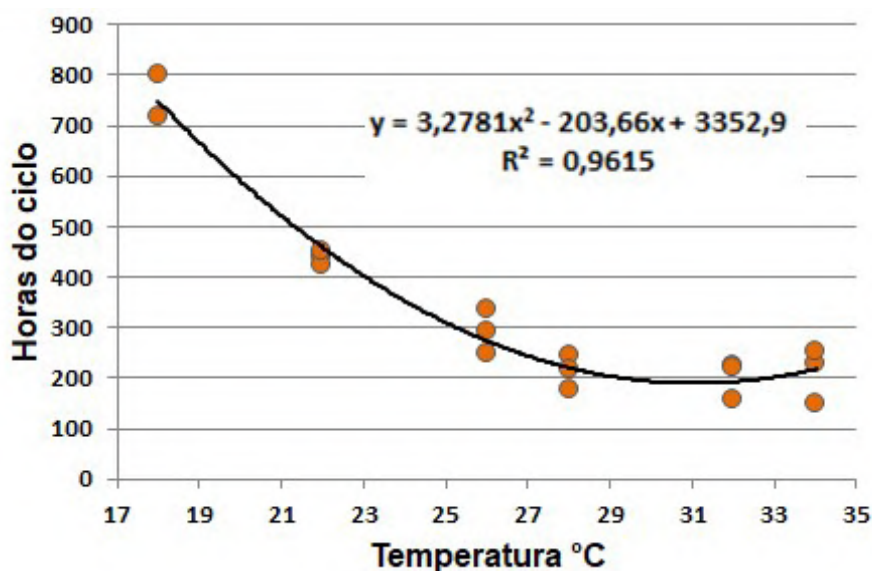


Figura 1. Equação de ajuste da duração em horas do desenvolvimento do *Aedes aegypti*, de ovo a fase adulta, em função da temperatura, com dados do trabalho de Beserra *et al.* (2009)

Figure 1. Estimation of the duration in hours of *Aedes aegypti* development from oviposition to adulthood as a function of temperature °C, with data from the work of Beserra *et al.* (2009)

quito, o que provoca alterações na sua distribuição e densidade, uma vez que os indivíduos necessitam de umidade e temperaturas que variam entre 15°C e 35°C para sobreviver e se reproduzir (Carneiro *et al.*, 2017). Para Yang *et al.* (2019), com o aumento de temperatura, ocorre um aumento uniforme do número de descendentes do mosquito até a temperatura de 29°C, sendo 29,2°C a temperatura ideal para produzir o maior número de descendentes. Nesta temperatura, a tendência é o aumento do risco de dengue em regiões subtropicais, pois em virtude das mudanças climáticas ocorre um provável aumento das temperaturas.

A estimativa de duração de cada ciclo do mosquito em Florianópolis variou entre 10 e 35 dias para as 433 gerações estimadas conforme a série temporal de temperaturas horárias (Figura 2), sendo visível a variação interanual. Conforme Eisen *et al.* (2014), um dos cenários é de uma atividade distintamente sazonal, onde os estágios ativos podem ser encontrados em baixo número ou ausentes durante parte do ano devido a condições frias desfavoráveis, e onde as temperaturas do inverno são tão baixas

que os ovos hibernados podem falhar, eclodir ou eclodem, mas não geram larvas viáveis.

A redução na densidade populacional nas zonas tropicais durante estações, em que a temperatura se eleva acima de 35°C pode ser fortemente influenciada pela interação temperatura e umidade, afetando negativamente diversos aspectos da biologia do mosquito (Costa *et al.*, 2010). No caso de Santa Catarina a ocorrência de temperaturas acima de 35°C acontece apenas em regiões agroecológicas do extremo oeste e no litoral catarinense, nas regiões de menor altitude e ou de maior continentalidade. Para Florianópolis ocorreram apenas 98 horas com temperaturas entre 35 e 40°C em 197.181 horas da série utilizada. Para temperaturas abaixo de 15°C foram 18.002 observações. Isso indica que os períodos de temperaturas desfavoráveis ao desenvolvimento dos mosquitos são provocados mais por temperaturas abaixo de 15°C do que por temperaturas acima de 35°C. Para Yang *et al.* (2019) a sobrevivência ideal dos mosquitos, está entre 15 e 30°C. Fora destes limites de temperatura a taxa de mortalidade dos mosquitos aumenta.

Contudo estes limiares de temperatura são desfavoráveis e não letais.

Pelo modelo utilizado de temperaturas horárias, o polinômio apresenta a inflexão em torno de 29°C com aumento da duração do ciclo a partir desta temperatura e contempla todas as temperaturas horárias do dia. No caso da utilização da metodologia de Graus-dia, os valores extremos não são contemplados (Ometto, 1981). Assim, para dias com diferentes extremos de temperaturas máximas, mínimas e amplitudes, o valor de Graus-dia pode ser igual. A utilização de temperaturas horárias, médias diárias ou de outro intervalo qualquer vai depender da disponibilidade de dados, bem como do propósito da metodologia utilizada.

Há uma variação sazonal para Florianópolis, referente à duração do ciclo, com os ciclos mais longos, cerca de 30 dias, ocorrendo nos meses inverniais. Para os meses de verão as durações dos ciclos ficaram aproximadamente entre 10 a 15 dias. A variação em cada mês foi de 10 a 15 dias (Figura 3).

A oscilação dentro dos meses pode ser causada pelas variações de temperatura em função de sistemas meteorológicos como El Niño, La Niña, massas polares, sistemas de baixa pressão, que são comuns nas regiões subtropicais. O número de “dias de calor” durante as ondas de calor local dura entre seis e dez dias, (Minuzzi e Frederico, 2017). As diminuições bruscas da temperatura são causadas principalmente pela atuação das massas polares. Rodrigues *et al.* (2004), analisando as frentes frias em Santa Catarina, mostram que mensalmente, em média, de 3 a 4 frentes frias atingem a Costa de Santa Catarina, com um intervalo de 8 dias. Alves e Minuzzi (2018) identificaram uma média de 4,2 casos de massas polares no inverno de cada ano, com uma duração média de 3 a 5 dias consecutivos, para cada evento. Estes fenômenos meteorológicos explicam substancialmente a variação da duração dos ciclos dentro dos meses.

Nos meses de verão a estimativa é que ocorra acima de duas gerações, ou

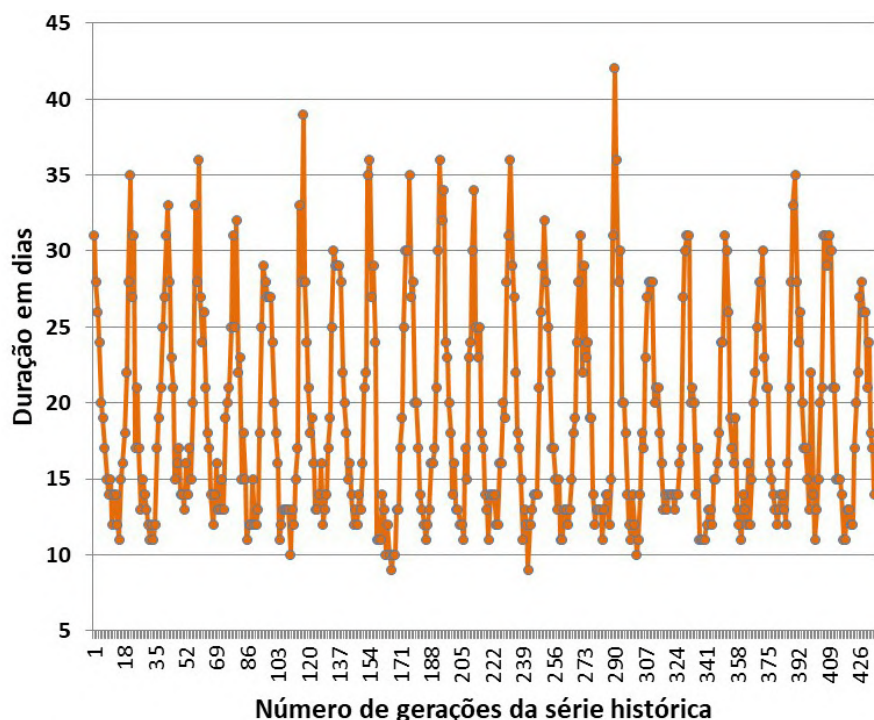


Figura 2. Estimativa da duração em dias do desenvolvimento do *Aedes aegypti* de ovo a fase adulta entre os anos de 2001 a 2023 para Florianópolis, SC, Brasil
Figure 2. Estimated duration in days of *Aedes aegypti* development between oviposition and adulthood between the years 2001 and 2023 for Florianópolis, SC, Brazil

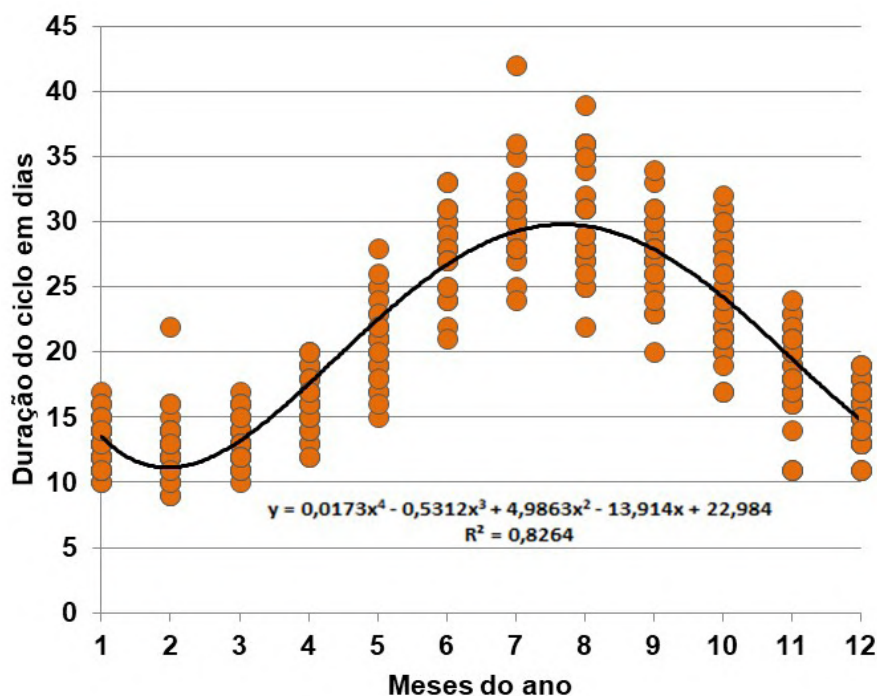


Figura 3. Distribuição mensal da estimativa da duração do ciclo de vida do *Aedes aegypti* dos anos de 2001 a 2023 para Florianópolis, SC, Brasil
Figure 3. Monthly distribution of the estimated life cycle length of the *Aedes aegypti* from 2001 to 2023 for Florianópolis, SC, Brazil

seja, uma geração a cada 15 dias, enquanto nos meses inverniais seria apenas uma geração, pois a duração é de aproximadamente 30 dias. Esta variação sazonal está em consonância com os resultados de vários autores (Soares, 2021; Weber e Wollmann, 2016; Natal, 2002).

Conforme Weber e Wollmann (2016), os meses de maior incidência de larvas de mosquitos em Santa Maria, RS, foram nos meses de novembro, janeiro, fevereiro e março, sendo esse comportamento atribuído à disponibilidade térmica com temperaturas médias em torno de 25°C.

Por outro lado, a influência de fatores ambientais, principalmente chuva e temperatura, é marcante na dinâmica populacional da espécie em questão. Em climas caracterizados pelas variações sazonais, poderá haver períodos favoráveis à intensa proliferação do mosquito. Essas flutuações fazem com que as epidemias se manifestem em épocas até certo ponto previsíveis. (Natal, 2002). Os abordados pelos autores acima podem ser vistos também na distribuição mensal da estimativa do número médio de gerações para Florianópolis, (figura 4)

Conforme Eisen *et al.* (2014), existem lacunas de conhecimento ou dados que dificultam a previsão de risco de exposição humana ao *A. aegypti* nas zonas climáticas mais frias. Estas lacunas são provenientes dos impactos da temperatura, da população de mosquitos e de outros fatores importantes, como conteúdo de nutrientes na água, densidade larval, presença de competidores biológicos e comportamento humano.

O número de gerações anuais estimadas em Florianópolis pode variar de 18 a 21 (Figura 5). De acordo com o modelo utilizado, esta variação é causada pelas oscilações das temperaturas médias anuais. De modo geral, em anos de El Niño as oscilações das temperaturas médias são favoráveis e em anos de La Niña as anomalias são desfavoráveis. Apesar desta tendência, Florianópolis localiza-se no litoral, sofrendo forte in-

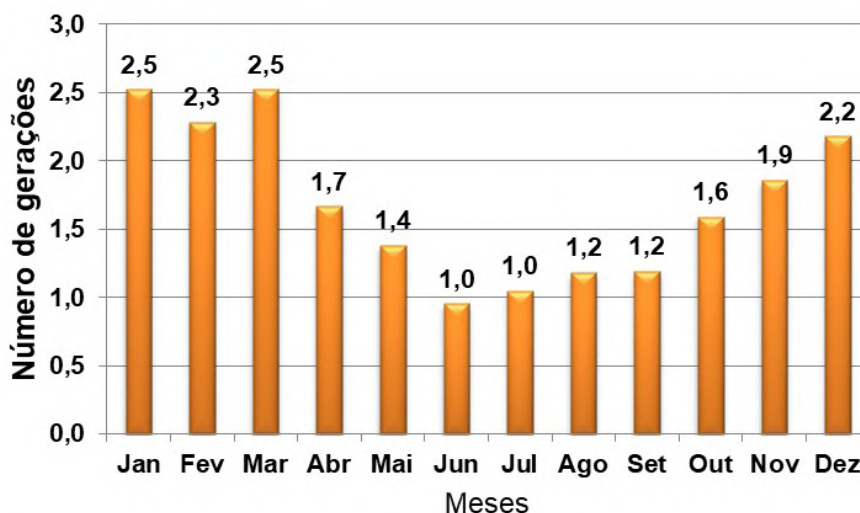


Figura 4. Distribuição mensal da estimativa do número médio de gerações do *Aedes aegypti* dos anos de 2001 a 2023 para Florianópolis, SC, Brasil

Figure 4. Monthly distribution of the estimated average number of generations from 2001 to 2023 of the *Aedes aegypti* mosquito for Florianópolis, SC, Brazil

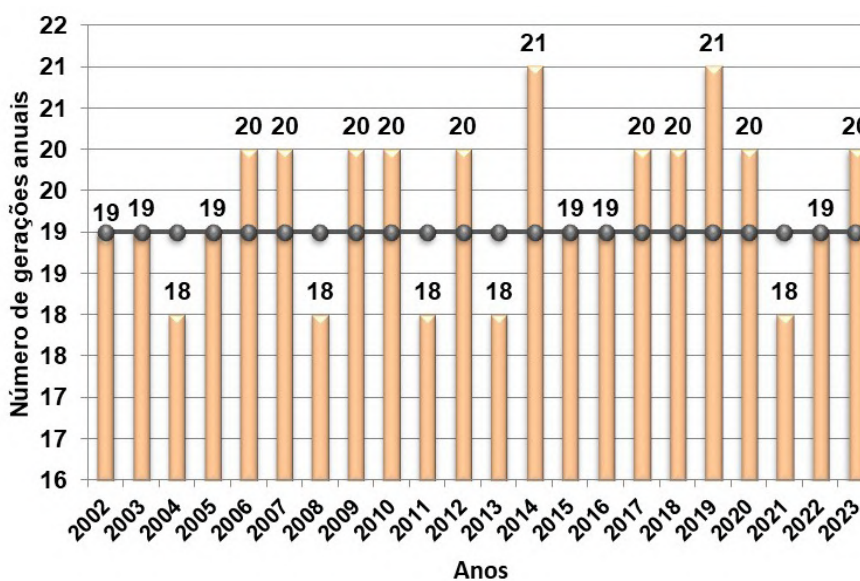


Figura 5. Número anual e linha média geral da estimativa de gerações do *Aedes aegypti* dos anos de 2002 à 2023 para Florianópolis, SC, Brasil

Figure 5. Annual number and historical average of estimated generations of the *Aedes aegypti* mosquito from 2002 to 2023 for Florianópolis, SC, Brazil

fluência das condições oceânicas. Para uma afirmativa da relação entre estas macrovariáveis climáticas e o número de gerações anuais, estudos mais detalhados seriam necessários.

A distribuição espacial da estimativa do número de gerações para os anos 2022-2023 baseada em 37 estações meteorológicas do estado de Santa Catarina indica que os maiores valores de

gerações ocorrem no litoral Catarinense. As regiões com menor número de gerações são aquelas em altitudes mais elevadas, na região de São Joaquim e Tangará. A região do Planalto Catarinense apresenta estimativa do número de gerações intermediário. No Oeste Catarinense os valores da estimativa estão próximos aos da região litorânea. Neste aspecto, é relevante explicitar que no Li-

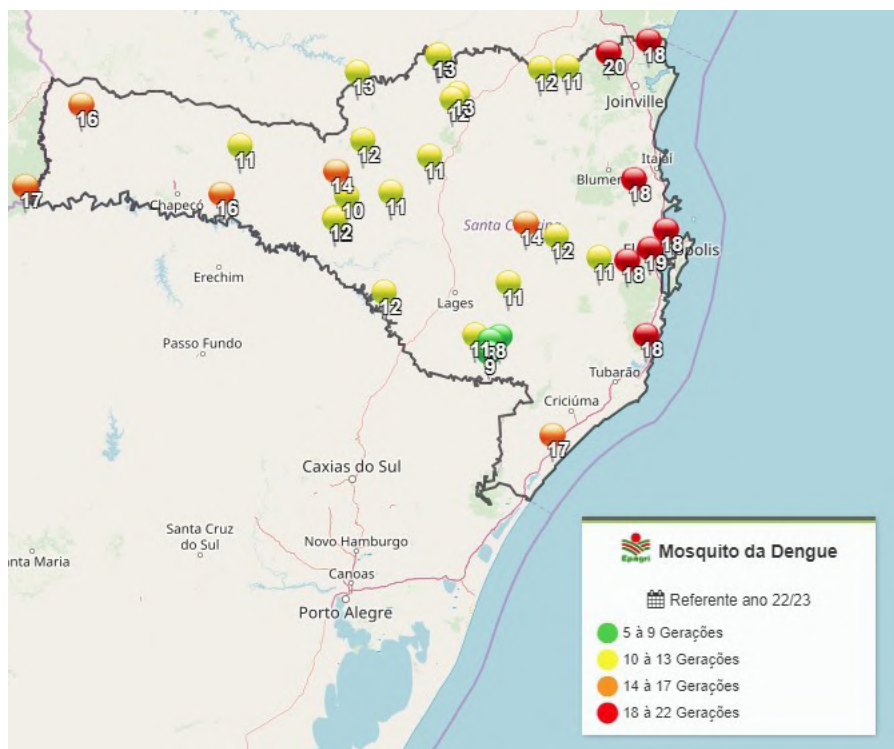


Figura 6. Geoespacialização da estimativa anual de gerações do *Aedes aegypti* para os anos 2022-2023 em Santa Catarina, Brasil

Figure 6. Geospatialization of the annual generation estimate of the Dengue *Aedes aegypti* mosquito for the years 2022-2023 in Santa Catarina, Brazil

toral Catarinense, pela sua proximidade ao mar, a disponibilidade de umidade é superior àquelas do Oeste Catarinense com maior continentalidade. Em se tratando de disponibilidade térmica, esta situação não interfere na duração do ciclo, contudo pode interferir na reprodução e população do mosquito.

Os resultados apresentados concentraram-se especificamente no efeito da temperatura na biologia do *A. aegypti*. Embora a temperatura seja um fator importante para o mosquito, não é o único. Portanto, é importante lembrar que os efeitos aqui descritos para a temperatura podem ser influenciados por outros fatores que podem impactar a dinâmica local do número de gerações população de mosquitos (Yang *et al.*, 2019).

Contudo, do ponto de vista da ocorrência do *A. aegypti*, os parâmetros dependentes da temperatura podem ser usados para responder a muitas questões relativas ao ciclo de vida do

mosquito (Yang *et al.*, 2019). Um estudo realizado em São Paulo, SP, mostrou que, dentre todas as variáveis climáticas analisadas, a incidência de dengue foi mais afetada pela temperatura. O resultado foi consistente com outros estudos que mostraram que o aumento na temperatura influenciou a dinâmica das populações de *A. aegypti* e, consequentemente, a transmissão do vírus da dengue (Barbazan *et al.*, 2010; Richardson *et al.*, 2011).

De forma geral, o modelo desenvolvido para estimativa da duração e número de gerações para o *A. aegypti*, produz previsões com base em temperaturas de 13 a 35°C, o que abrange as áreas geográficas de Santa Catarina onde o mosquito e seus patógenos associados representam a maior ameaça à saúde humana. Não obstante, estudos para validar as previsões obtidas ainda são necessários e devem ser foco de novos trabalhos de pesquisa.

Conclusões

- O modelo biometeorológico, baseado no somatório de temperaturas favoráveis ao desenvolvimento do ciclo biológico de *A. aegypti*, permite prever o número e duração das gerações anuais do mosquito no estado de Santa Catarina.

- Enfatiza-se que o presente trabalho tem como base apenas a variável temperatura horária do ar, não contemplando outras variáveis de tempo e clima, como, por exemplo, precipitações pluviométricas ou umidade relativa do ar.

- As condições de temperatura em Santa Catarina permitem a *A. aegypti* desenvolver, em média, 19 gerações anuais, com uma a 2,5 gerações ao mês. A duração estimada do ciclo de vida varia de 10 a 30 dias conforme os meses do ano.

Contribuição dos autores

Hamilton Justino Vieira: Escrita – primeira redação, validação, metodologia, investigação, análise formal, curadoria de dados, conceituação. **Joelma Miszinski:** Análise formal, curadoria de dados, conceituação. **Carlos Eduardo Salles de Araújo:** Investigação, curadoria de dados. **Everton Blainski:** Escrita – revisão, edição e metodologia.

Conflito de interesses

Os autores declaram não ter conflitos de interesses neste trabalho.

Dados de pesquisa

Dados serão disponibilizados pelo autor por solicitação

Financiamento

Este trabalho foi financiado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S/A. Epagri.

Agradecimentos

Aos técnicos da Epagri/Ciram, Rafael Censi Borges, Rafael Ataíde de Araújo, Jonathan Biaggio Sizani, Roberto Carlos Silveira, Iria Sartor Araújo, Kellen de Cássia Bandinelli Kruscinski Martarello, Eduardo Nathan Antunes, Emanuella Salum Pereira Pinto, Paulo Roberto Ananias Bezerra pelo apoio logístico para manutenção das estações meteorológicas, transmissão, tratamento e armazenamento dos dados.

Referências

- ALVES, M.P.; MINUZZI, R.B. Climatologia das ondas de frio inverniais em SANTA CATARINA – BRASIL. **Revista de Geografia**. v.35, n.3, 2018. DOI: <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2018.229410>.
- AZEVEDO, T. S. de; PIOVEZAN, R.; VON ZUBEN, C.J.; ANDRÉ, I.R.N.; ALMEIDA, D. Perfil epidemiológico da dengue no município de rio claro no período de 1996 a 2010. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Uberlândia, v.7, n.12, p.19–30, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/Hygeia716980>.
- BARBAZAN, P.; GUISEIX, M.; BOONYUAN, W.; TUNTAPRASART, W.; PONTIER, D.; GONZALEZ, J.P. Modelling the effect of temperature on transmission of dengue. **Med. Vet. Entomol.**, v.24, n.1, p.66-73, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2915.2009.00848.x>.
- BESSERA, E.B., FERNANDES, C.R.M., SILVA, S.A. de O., SILVA da, L.A.; SANTOS dos, J.W. Efeitos da temperatura no ciclo de vida, exigências térmicas e estimativas do número de gerações anuais de *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae). **Iheringia, Sér. Zool.**, v.99, n.2, p.142-148, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0073-47212009000200004>.
- CARNEIRO, M.A.; ALVES, B.C.A.; GEHRKE, F.S.; DOMINGUES, J.N.; SÁ, N.; PAIXÃO, S.; FIGUEIREDO, J.; FERREIRA, A.; ALMEIDA, C.; MACHI, A.; SAVÓIA, E.; NASCIMENTO, V.; FONSECA, F. Environmental factors can influence dengue reported cases. **Assoc. Med. Bras.**, v.63, n.11, p.957-961, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9282.63.11.957>.
- COSTA, E.A.P.A.; SANTOS, E.M.M.; CORREIA, J.C.; ALBUQUERQUE, C.M. R. Impact of small variations in temperature and humidity on the reproductive activity and survival of *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.54, n.3, p.488–493, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262010000300021>
- EISEN, L.; MONAGHAN, A. J.; LOZANO-FUENTES, S.; STEINHOFF, D. F.; HAYDEN, M. H.; BIERINGER, P.E. The impact of temperature on the bionomics of *Aedes* (Stegomyia) *aegypti*, with special reference to the cool geographic range margins. **J. Med. Entomol.**, v.51, n.3, p.496-516, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/me13214>
- EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Banco de dados de variáveis ambientais de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2020. 20p. (Epagri, Documentos, 310). Disponível em: https://circam.epagri.sc.gov.br/circam_arquivos/site/doc310_bd_epagri.pdf. Acesso em: 09 jan. 2024.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE DO GOVERNO FEDERAL. **Painel de monitoramento de arboviroses**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/aedes-aegypti/monitoramento-das-arboviroses>. Acesso em: 09 jan. 2024.
- MINUZZI, R.B.; FREDERICO, C.A. Variabilidade de ondas de calor e a relação com o ENOS Modoki e Canônico em Santa Catarina. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v.2, n.4, p.421-429, 2017. Disponível em: <http://www.journals.ufpr.br/index.php/JEAP/article/view/1440/1450.10.24221/jeap.2.4.2017.1440.421-429>. Acesso em: 20 julho 2024.
- NATAL, D. Bioecologia do *Aedes aegypti*. **Biológico**, São Paulo, v.64, n.2, p.205-207, 2002. Disponível em: http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v64_2/natal.pdf. Acesso em 05/01/2024.
- OMETTO, J.C. Fluxo de calor sensível ou o calor destinado a aquecer o ar atmosférico. In: **Bioclimatologia Vegetal**: Editora Agronômica Ceres Ltda. São Paulo. p.129-177. 1981.
- RICHARDSON, K., HOFFMANN, A.A., JOHNSON, P., RITCHIE, S., KEARNEY, M.R. Thermal sensitivity of *Aedes aegypti* from Australia: empirical data and prediction of effects on distribution. **J. Med. Entomol.**, v.48, n.4, p.914-923, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1603/ME10204>.
- RODRIGUES, M.L., FRANCOLL, D. SUGAHARA, S. Climatologia de frentes frias no litoral de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Geofísica**, São Paulo, v.22, n.2, p.135-151, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2004000200004>.
- SOARES, P.V.; ARAÚJO, R.A.F.; ALMEIDA, M.E. A Influência das Variáveis Meteorológicas na Ocorrência de Casos de Dengue em Fortaleza, Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.36, n.4, p.759-766, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786360044>.
- VIANA, D. V.; IGNOTTI, E. A ocorrência da dengue e variações meteorológicas no Brasil: revisão sistemática. **Rev. Bras. Epidemiol.**, v.16, n.2, p.240-56, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1415-790X2013000200002>.
- WEBER, A.A.; WOLLMANN, C.A. A influência climática na proliferação do mosquito *Aedes Aegypti* em Santa Maria – RS, em 2012. **Ciência e Natura**, v.38, n.3, p.1246–1253, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X21386>.
- YANG, H. M.; MACORIAS, M. L. G.; GALVANI, K. C.; ANDRIGHETTI, M.T.M.; WANDERLEY, D. M. V. Assessing the effects of temperature on the population of *Aedes aegypti*, the vector of dengue. **Epidemiology & Infection.**, v.137, n.8, p.1188–1202, 2009. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/S0950268809002040>.

Índice de Qualidade do Manejo Conservacionista do Solo (IQMCS) em Áreas Agrícolas

André Julio do Amaral¹, José Eloir Denardin¹, Vanderlise Giongo¹, Anderson Santi¹, Álvaro Augusto Dossa² e Fabrício Jardim Hennigen³

Resumo – Este trabalho objetivou qualificar o manejo conservacionista do solo em lavouras sob sistema plantio direto, por meio da adaptação de um índice. O estudo foi conduzido a campo, em 12 talhões agrícolas em Latossolos, Nitossolos e Cambissolos com caráter aluminico. O solo foi coletado em minitrincheiras nas camadas de 0-10cm e 10-20cm, em triplicata. Foram analisados a reação do solo (pH-H₂O), os teores de fósforo (P) e potássio (K) trocáveis e a espessura da camada com estrutura granular. Além disso foram levantadas informações qualitativas relacionadas à diversificação de culturas, à conservação do solo e água e ao uso rentável da terra. O índice de qualidade do manejo conservacionista do solo (IQMCS) foi obtido pela soma de cinco subíndices, em cada talhão agrícola, ponderado e multiplicado pelos seus respectivos pesos e classificado em quatro faixas: A, B, C e D, com notas variando de 0 a 10. O IQMCS predominante foi a faixa D com notas <7,00, ocorrendo em 75% das áreas; 17% das áreas na faixa C com notas de 7 a 7,99; 8% das áreas na faixa B, com notas de 8 a 8,99. Não foram encontrados talhões na faixa A. Isso indica que existe a necessidade de aprimoramento dos modelos de produção com destaque para o manejo do solo.

Termos de indexação: Fertilidade do solo; Conservação do solo e água; Compactação; Adensamento; Diversificação de culturas.

Index of Soil Quality to do Conservation Management (ISQCM) in Agricultural Areas

Abstract – This paper aimed to qualify soil conservation management in crops under a no-tillage system, using an index. The study was carried out in the field, in 12 agricultural plots in Oxisols, Nitossols and Cambisols with an aluminium character. The soil was collected in mini-trenches in layers of 0-10 cm and 10-20 cm, in triplicate. The soil reaction (pH-H₂O), the exchangeable phosphorus (P) and potassium (K) contents and the thickness of the layer with the granular structure were analysed. Furthermore, qualitative information on crop diversification and soil and water conservation was collected. The ISQCM was obtained by the sum of five sub-indexes, in each agricultural plot, weighted and multiplied by their respective weights and classified into four ranges: A, B, C and D, with scores ranging from 0 to 10. The highest IQMCS was range D with scores <7.00, occurring in 75% of the areas; 17% of areas in range C with grades from 7 to 7.99; 8% of areas in range B. No plots were found in range A. This indicates a need to improve production models with an emphasis on soil management.

Index terms: Soil fertility; Soil and water conservation; Compaction; Densification; Crop diversification.

Introdução

Estima-se que no Brasil 33,06 milhões de hectares destinados à produção de grãos são manejados sob os pilares do sistema plantio direto (SPD) (Fuentes-Llanillo *et al.*, 2021).

A diversificação de culturas (Hernani, Denardin, 2012; Debiasi *et al.*, 2022), o controle de custos (Telles *et al.*, 2020), a manutenção em níveis adequados dos indicadores químicos da fertilidade do solo (Bellinaso *et al.*, 2021; Amaral

et al., 2024), o aporte contínuo de matéria orgânica ao solo com frequência e qualidade requerida pelo solo em sua ambiência (Hernani, Denardin, 2012) e a qualidade estrutural do solo (Ralisch *et al.*, 2017; Nunes *et al.*, 2019; Tormena *et al.*, 2023) devem estar associados a outras práticas de conservação do solo complementares, como o cultivo em contorno e o uso de terraços agrícolas (Hernani, Denardin, 2012; Hörbe *et al.*, 2021; Back *et al.*, 2022, Debiasi *et al.*, 2022). Estas práticas em conjunto são

fundamentais para garantir sustentabilidade aos modelos de produção agrícola que adotam o SPD no Brasil.

No entanto, como os agricultores acreditavam que os processos de erosão seriam totalmente controlados em áreas de SPD, muitos deles eliminaram todos ou parte dos terraços agrícolas e abandonaram o cultivo em contorno, o que resultou em SPD de baixa qualidade (Hernani, Denardin, 2012). Diante disso, ferramentas para avaliar a qualidade do manejo conservacionista em

Recebido em 14/11/2024. Aceito para publicação em 16/01/2025.

Editora de seção: Marlise Nara Ciotta/ Epagri

¹ Eng.-agr., Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Trigo. Rodovia BR 285, km 294 Caixa Postal 308199050-970, Passo Fundo, RS. E-mail: andre.amaral@embrapa.br; jose.denardin@embrapa.br; vanderlise.giongo@embrapa.br; anderson.santi@embrapa.br

² Administrador, Analista da Embrapa Trigo. E-mail: alvaro.dossa@embrapa.br

³ Eng.-agr., Gerente de Assistência Técnica da Cooperativa Regional Agropecuária de Campos Novos – Copercampos. Rodovia BR 282 - Km 342 - Nº 23, Bairro Boa Vista - Caixa Postal 161 CEP 89620-000, Campos Novos, SC. E-mail: fabricio.hennigen@copercampos.com.br

DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v38i1.1952>

áreas sob SPD vêm sendo desenvolvidas, aprimoradas e avaliadas (Roloff *et al.*, 2011; Martins *et al.*, 2018; Telles *et al.*, 2020). Em geral, os índices consistem num questionário diagnóstico cujas respostas geram notas para diferentes temas relativos aos princípios do SPD e de boas práticas conservacionistas que qualificam o manejo em talhões agrícolas sob SPD – atualmente este índice para as condições paranaenses já está na sua segunda versão (IQP2). Telles *et al.* (2020) encontraram a necessidade de revisão nos indicadores intensidade da rotação de culturas e conservação de solo e água, pois eles têm apresentado baixa correlação com o IQP2 nas condições edafoclimáticas paranaenses. Portanto, considera-se oportuno adaptar e aprimorar as ferramentas relacionadas à gestão de solo e água, por meio de índices de qualidade do manejo conservacionista do solo, para as condições edafoclimáticas das regiões de clima subtropical no Brasil.

O objetivo deste estudo foi qualificar o manejo conservacionista do solo em lavouras sob sistema plantio direto por meio da adaptação e proposição de novos indicadores para obter um índice de qualidade do manejo conservacionista do solo (IQMCS) composto por cinco subíndices e 13 indicadores visando ao desenvolvimento de estratégias para monitorar e aprimorar o manejo do solo em áreas agrícolas.

Material e métodos

Este estudo foi implementado em 12 talhões de lavouras no Planalto de Santa Catarina e nos Campos de Cima da Serra do Rio Grande do Sul, pertencentes a produtores rurais associados à Cooperativa Regional Agropecuária de Campos Novos (Copercampos) e distribuídos em quatro polos de produção por ela estabelecidos (Tabela 1).

A classificação climática, conforme Köppen, é do tipo clima mesotérmico úmido com verão fresco (Cfb), com temperaturas média mínima de 13°C, média máxima de 23°C e média anual de 18°C. A precipitação anual é de 1.600mm a 1.920mm, sem estação seca definida (Wrege *et al.*, 2012).

Os 12 talhões foram caracterizados,

conforme Santos *et al.* (2018), quanto: à classificação taxonômica dos solos até o quarto nível categórico; ao manejo de solo; ao relevo; à altitude; à profundidade do solo; ao teor de argila; à classe textural; à CTC_{pH7,0}; e ao teor de matéria orgânica (Tabela 1).

Foram estabelecidos cenários diagnósticos nos talhões quanto à presença de limitações físicas ou químicas na camada superficial do solo, conforme indicações na Tabela 2.

Ao final do ciclo da cultura da soja, ocorrido nos meses de março e abril de 2023, foi realizada a amostragem em cada um dos 12 talhões em três pontos: terço superior, terço médio e terço inferior da topossequência, totalizando 36 pontos de coleta. Em cada um dos pontos georreferenciados foram abertas minitrincheiras com as dimensões de 50cm x 50cm x 50cm (Spera *et al.*, 2018). As amostras de solo foram coletadas diretamente sobre monólitos de solo extraídos das paredes das minitrincheiras com o auxílio de pá-de-corte e enviadas ao laboratório para análises químicas, conforme Teixeira *et al.* (2017).

O índice de qualidade do manejo conservacionista do solo (IQMCS) é composto por cinco subíndices e 13 indicadores, listados a seguir:

- 1) Subíndice de diversificação de culturas (DIV): avaliado pelos indicadores de intensidade da diversificação (ID), presença de gramínea de verão (PGV) e presença de gramínea de inverno (PGI);
- 2) Subíndice uso rentável da terra (URT): avaliado pelos indicadores de histórico de controle de custos (HCC) e de culturas geradoras de renda no inverno (CRI);
- 3) Subíndice conservação do solo e da água (CSA): avaliado pelos indicadores de semeadura em contorno (SC), terraços agrícolas (TA), compactação do solo (CS) e frequência de erosão em sulcos (FE);
- 4) Subíndice química da fertilidade do solo (QFS): avaliado pelo indicador pH-H₂O, teor de fósforo (P) e de potássio (K) nas camadas de 0-10cm e 10-20cm do solo;
- 5) Subíndice qualidade estrutural do solo (QES): avaliado pelo indicador espessura da camada superficial do solo com estrutura em grumos (ECSS) e teor de MO na camada de 0-20cm do solo.

Cada subíndice tem valor crítico e peso ou fator de ponderação. Os valores considerados críticos podem ser usados

para priorizar e direcionar as ações corretivas e devem ser reavaliados periodicamente.

Na sequência, é apresentada a descrição dos subíndices e de seus indicadores que compõem o IQMCS, adaptado de Telles *et al.* (2020), com a proposição de novos indicadores. As fórmulas para o cálculo dos valores de cada subíndice e de cada indicador, bem como a indicação dos valores críticos e máximo (Tabelas 3 a 8).

Fatores de ponderação ou pesos relativizam a importância de cada subíndice. Os indicadores e seus respectivos fatores de ponderação e valores crítico e máximo para cada subíndice são expostos na tabela 8.

Verifica-se na Tabela 8 que 30% do peso de ponderação refere-se ao subíndice de diversificação de cultura (DIV), 30% refere-se ao subíndice de conservação do solo e da água (CSA), 20% refere-se ao subíndice de química da fertilidade do solo (QFS), 10% refere-se ao subíndice de uso rentável da terra (URT) e 10% refere-se ao subíndice de qualidade estrutural do solo (QES).

O índice de qualidade do manejo conservacionista do solo (IQMCS) é obtido, simplesmente, pelo somatório dos valores obtidos para cada subíndice, ou seja:

$$\text{IQMCS} = \text{DIV} + \text{URT} + \text{CSA} + \text{QFS} + \text{QES}$$

A escala de classificação das glebas de lavoura mediante a aplicação do IQMCS considera as seguintes faixas de qualidade: Faixa A: IQMCS igual ou superior a 9,0, sem indicador abaixo do nível crítico; Faixa B: IQMCS de 8,0 a 8,99, com permissividade para apenas um indicador abaixo do nível crítico; FAIXA C: IQMCS de 7,0 a 7,99, com permissividade para até dois indicadores abaixo do nível crítico; Faixa D - < 7,0: necessita de correções e ajustes para ingressar e acessar os benefícios de possível programa de fomento a melhoria da qualidade do manejo conservacionista do solo. Os dados foram analisados com base na estatística descritiva. O coeficiente de variação (CV) de cada subíndice foi classificado de acordo com Gomes (2009), em: baixo CV < que 10%, médio CV entre 10% a 20%, alto CV entre 20% a 30% e muito alto CV > que 30%.

Tabela 2. Cenários resultantes da associação dos diagnósticos dos indicadores físicos e químicos da fertilidade de solos manejados sob o sistema plantio direto, na camada de 0-20cm de profundidade

Table 2. Scenarios resulting from the association of diagnoses of physical and chemical indicators of soil fertility managed under the no-tillage system, in the 0-20cm depth layer

CENÁRIO	A – Sem limitação química**	B – Com limitação química
1 – Sem limitação física*	CENÁRIO 1A Sem adensamento/compactação de solo Sem limitações de indicadores químicos da fertilidade do solo	CENÁRIO 1B Sem adensamento/compactação de solo Com limitações de indicadores químicos da fertilidade do solo
2 – Com limitação física	CENÁRIO 2A Com adensamento/compactação de solo Sem limitações de indicadores químicos da fertilidade do solo	CENÁRIO 2B Com adensamento/compactação de solo Com limitações de indicadores químicos da fertilidade do solo

*Indicadores físicos: granulometria, densidade do solo, densidade do solo crítica, resistência mecânica à penetração (teor de água na capacidade de campo), porosidade do solo, morfologia de raízes, estrutura do solo, nas camadas de 0-10cm e 10-20cm;

**Indicadores químicos: pH-H₂O, Al⁺⁺⁺, P, K, MO e V%, nas camadas de 0-10cm e 10-20cm

*Physical indicators: granulometry, soil density, critical soil density, mechanical resistance to penetration (water content at field capacity), soil porosity, root morphology, soil structure, in the 0-10cm and 10-20cm layers;

**Chemical indicators: pH-H₂O, Al⁺⁺⁺, P, K, MO and V%, in the 0-10cm and 10-20cm layers

Tabela 3. Composição e cálculo dos valores crítico e máximo do subíndice diversificação de culturas (DIV), avaliado pelos indicadores intensidade da diversificação (ID), presença de gramínea de verão (PGV) e presença de gramínea de inverno (PGI), para um período de três anos

Table 3. Composition, critical and maximum values to crop diversification subindex (DIV), assessed by indicators diversification intensity (ID), summer grass (PGV) and winter grass (PGI) presence, each three years

Indicador	Dado de entrada	Unidade de medida	Índice máximo	Fórmula	Valor	
					Crítico	Máximo
Intensidade da diversificação (ID)	Número de meses com solo coberto com plantas vivas em três anos, excetuando pousio e plantas espontâneas (NM)	Número de meses (NM)	36			
Presença de gramínea de verão (PGV)	Número de cultivos com gramíneas de verão em três anos (GV)	Número de cultivos (GV)	1	DIV = NM/36 + GV + GI/3	2,5	3
Presença de gramínea de inverno (PGI)	Número de cultivos com gramíneas de inverno em três anos (GI)	Número de cultivos (GI)	3			

Fonte: adaptado de Telles et al., (2020)

Tabela 4. Composição e cálculo dos valores crítico e máximo do subíndice uso rentável da terra (URT), avaliado pelos indicadores de histórico de controle de custos (HCC) e culturas geradoras de renda no inverno (CRI), para um período de três anos

Table 4. Composition, critical and maximum values to profitable land use sub-index (URT), assessed by indicators cost control history (HCC) and income-generating crops in winter (CRI), each three year

Indicador	Dado de entrada	Unidade de medida	Índice máximo	Fórmula	Valor	
					Crítico	Máximo
Histórico de controle de custos (HCC)	Controle de custos das atividades (CC)	Nota 0 = inexistente	1	URT = (CC+RI)/4	0,50	1
		Nota 0,25 = baixo - apenas somatório de gastos				
		Nota 0,50 = médio - somatório de gastos e histórico				
		Nota 0,75 = bom - somatório de gastos e histórico de custo operacional/safra				
		Nota 1,0 = completo - somatório de gastos, histórico de custo operacional/safra e depreciações e correções				
Culturas geradoras de renda no inverno (CRI)	Renda no inverno (RI)	Número de culturas geradoras de renda no inverno em três anos Áreas com pecuária foram computadas como safras	3			

Fonte: autores, nova proposição

Source: authors, new proposal.

Tabela 5. Composição e cálculo dos valores crítico e máximo do subíndice de conservação do solo e da água (CSA), avaliado pelos indicadores de semeadura em contorno (SC), terraços agrícolas (TA), compactação do solo (CS) e frequência de erosão em sulcos (FE)

Table 5. Composition, critical and maximum values to soil and water conservation subindex (CSA), assessed by contour sowing (SC), agricultural terraces (TA), soil compaction (CS) and frequency of erosion in furrows (FE) indicators

Indicador	Dado de entrada	Unidade de medida	Índice máximo	Fórmula	Valor	
					Crítico	Máximo
Semeadura em contorno (SC)	Nota 0 = não Nota 0,75 = em sentido oposto ao declive Nota 1,0 = sim	Nota (SC)	1	CSA = SC + TA+ CS + FE	2,5	3
Terraço Agrícola funcional (TA)	Nota 0: sem terraço agrícola na condição de exigência pelas condições hidrológicas. Nota 1,0: com terraço agrícola	Nota (TA)	1			
Compactação do solo (CS)	Nota 0 = compactado (total restrição ao crescimento radicular) Nota 0,50 = pouco compactado (leve restrição ao crescimento radicular) Nota 1,0 = não compactado (sem restrição ao crescimento radicular)	Nota (CS)	0,5			
Frequência de erosão em sulcos nos últimos três anos (FE)	Nota 1,0 = não observada nos últimos 3 anos Nota 0,5 = uma vez em três anos Nota 0 = duas ou mais vezes em três anos	Nota (FE)	0,5			

Fonte: adaptado de Telles et al., (2020)

Source: adapted from Telles et al. (2020)

Tabela 6. Composição e cálculo dos valores crítico e máximo do subíndice química da fertilidade do solo, avaliado pelos indicadores pH-H₂O (NCpH), teor de fósforo (NCP), teor de potássio (NCK)

Table 6. Composition, critical and maximum values to chemical soil fertility sub-index, assessed by critical levels of soil reaction pH-H₂O (NCpH), phosphorus content (NCP) and potassium content (NCK), indicators

Indicador	Dado de entrada*	Unidade de medida	Índice máximo	Fórmula	Valor	
					Crítico	Máximo
pH em H ₂ O nas camadas de 0-10cm e 10-20cm (NCpH)	Nota 0: pH em H ₂ O < 5,5 em ambas as camadas Nota 0,5: pH em H ₂ O < 5,5 em uma das camadas Nota 1,0: pH em H ₂ O ≥ 5,5 em ambas as camadas	Nota (NCpH)	0,70	QFS = ((NCpH x 0,7) + (NCP x 0,15) + (NCK x 0,15)) x 2	1,0	2
P nas camadas de 0-10cm e 10-20cm (NCP)	Nota 0: teor de P < que o nível crítico* em ambas as camadas Nota 0,5: teor de P < que o nível crítico* em uma das camadas Nota 1,0: teor de P ≥ que o nível crítico* em ambas as camadas	Nota (NCP)	0,15			
K nas camadas de 0-10cm e 10-20cm (NCK)	Nota 0: teor de K < que o nível crítico* em ambas as camadas. Nota 0,5: teor de K < que o nível crítico* em uma das camadas Nota 1,0: teor de K ≥ que o nível crítico* em ambas as camadas	Nota (NCK)	0,15			

Fonte: autores, nova proposição

* Considerar o dado de entrada mais restritivo. ** Níveis críticos (SBCS, 2016): pH em H₂O = 5,5 (nível necessário para a precipitação plena do Al³⁺); P = 9, 12, 18 e 24 mg dm⁻³, respectivamente, para as classes de textura 1, 2, 3 e 4; K = 60; 90; 120; e 135 mg dm⁻³, respectivamente, para as faixas de CTCpH7,0 de ≤ 7,5; 7,6 a 15,0; 15,1 a 30,0; e >30 cmol_c dm⁻³

Source: authors, new proposal.

* Consider the most restrictive input data. ** Critical levels (SBCS, 2016): pH in H₂O = 5.5 (level required for full precipitation of Al³⁺); P = 9, 12, 18 and 24 mg dm⁻³, respectively, for texture classes 1, 2, 3 and 4; K = 60; 90; 120; and 135 mg dm⁻³, respectively, for the CTCpH7.0 ranges of ≤ 7.5; 7.6 to 15.0; 15.1 to 30.0; and >30 cmol_c dm⁻³

Tabela 7. Composição e cálculo dos valores crítico e máximo do subíndice qualidade estrutural do solo (QES), avaliado pelos indicadores de espessura da camada superficial do solo com estrutura em grumos (ECSS) e teor de matéria orgânica na camada de 0-20 cm do solo

Table 7. Composition, critical and maximum values to soil structural quality sub-index (SQI), assessed by surface layer with a granular structure thickness (SLGT) and organic matter content (OM) in the 0-20 cm soil layer

Indicador	Dado de entrada	Unidade de medida	Índice máximo	Fórmula	Valor	
					Crítico	Máximo
Espessura da camada superficial do solo com estrutura em grumos (ECSS)	Medida da espessura da camada superficial do solo com estrutura em grumos	cm	10	QES = ECSS/10*0,7+MO/5*0,3	0,5	1
Matéria orgânica na camada superficial do solo	Teor de MO na camada de 0-20cm do solo	%	5			

Fonte: autores, nova proposição

Source: authors, new proposal.

Tabela 8. Índices e indicadores que integram o índice de qualidade do manejo conservacionista do solo (IQMCS) e seus respectivos fatores de ponderação e valores crítico e máximo

Table 8. Sub-indexes and indicators that integrate soil conservation management quality index (SCMQI) and their respective weighting factors and critical and maximum values

Subíndice	Indicador	Peso (%)	Valor	
			Crítico	Máximo
Diversificação de culturas (DIV)	Intensidade da diversificação (ID)			
	Presença de gramínea de verão (PGV)	30	2,5	3
	Presença de gramínea de inverno (PGI)			
Uso rentável da terra (URT)	Histórico de controle de custos (HCC)	10	0,50	1
	Culturas geradoras de renda no inverno (CRI)			
Conservação do solo e da água (CSA)	Semeadura em contorno (SC)	30	2,50	3
	Terraços agrícolas (TA)			
	Compactação do Solo (CS)			
	Frequência de erosão em sulcos (FE)			
Química da fertilidade do solo	pH em água nas camadas de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm (NCpH)	20	1,00	2
	P nas camadas de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm (NCP)			
	K nas camadas de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm (NCK)			
Qualidade estrutural do solo (QES)	Espessura da camada superficial do solo com estrutura em grumos (ECSS)	10	0,50	1
Índice de Qualidade do Manejo Conservacionista Solo (IQMCS)		100	7,00	10

Fonte: adaptado de Telles *et al.*, (2020)

Source: adapted from Telles *et al.* (2020)

Resultados e discussão

Na Tabela 9 são apresentados os resultados referentes aos cenários com diagnósticos quanto à presença de limitação física e/ou química dos indicadores da fertilidade do solo na camada de 0-20cm em áreas manejadas sob sistema plantio direto.

Com base na síntese dos resultados apresentados na Tabela 9, constata-se que os cenários 1B e 2B foram os que ocorreram com maior frequência, 42% e 50% dos casos, respectivamente e, em apenas 8% ocorreu o cenário 1A, ou seja, sem limitações físicas e/ou químicas

na camada de 0-20cm do solo. Este resultado indica que o sistema plantio direto praticado deve passar por melhorias ou aperfeiçoamento de processos, especialmente com relação a técnicas de correção da acidez e descompactação do solo. Trabalhos recentes apontaram que a estratificação de nutrientes na camada de 0-20cm e o adensamento/compactação do solo em áreas de SPD nas condições de clima tropical e subtropical do Brasil podem limitar o rendimento das culturas (Spera *et al.*, 2018; Nunes *et al.*, 2019; Bellinaso *et al.*, 2021; Amaral *et al.*, 2024).

Em relação ao IQMCS, os valores obtidos para os subíndices e o seu va-

lor global em cada um dos talhões são apresentados na Tabela 10. Quanto ao subíndice diversificação de culturas (DIV), observa-se que ele variou de 2 a 3, com CV=21%, considerado alto e com ocorrência de valor 2 em 58% dos casos e, em 42% dos casos, ocorrendo o valor 3 (valor máximo). Assim, o valor médio (n=12) para o subíndice DIV foi de 2,3±0,49, indicando que está abaixo do nível crítico de 2,5, com espaço para melhorias de seus indicadores, em pelo menos 58% dos talhões estudados. Especialmente nos talhões em que o manejo do solo faz uso do cultivo de soja no verão e aveia-preta no inverno (com ou sem pastejo).

Tabela 9. Síntese do diagnóstico físico e químico do solo com os respectivos cenários e recomendações para a correção nas áreas estudadas

Table 9. Summary of the physical and chemical diagnosis of the soil with the respective scenarios and recommendations for correction in the studied areas

Polo de Produção	Talhão	Município/UF	Presença de limitação		Cenário	Recomendação
			Física	Química		
I	01	Barracão, RS	Sim	Sim	2B	Correção química e descompactação do solo
	02	Barracão, RS	Não	Sim	1B	Correção química do solo
	03	São José do Ouro, RS	Não	Sim	1B	Correção química do solo
II	04	Zortéa, SC	Sim	Sim	2B	Correção química e descompactação do solo
	05	Campos Novos, SC	Não	Sim	1B	Correção química do solo
	06	Campos Novos, SC	Sim	Sim	2B	Correção química e descompactação do solo
III	07	Brunópolis, SC	Sim	Sim	2B	Correção química e descompactação do solo
	08	Brunópolis, SC	Não	Sim	1B	Correção química do solo
	09	Curitibanos, SC	Não	Sim	1B	Correção química do solo
IV	10	Cerro Negro, SC	Sim	Sim	2B	Correção química e descompactação do solo
	11	Cerro Negro, SC	Sim	Sim	2B	Correção química e descompactação do solo
	12	Campo Belo do Sul, SC	Não	Não	1A	Sem limitações

A diversificação de culturas – em rotação, sucessão ou consorciação de culturas – é de fundamental importância para sustentabilidade das lavouras em sistema plantio direto, a partir da cobertura do solo com plantas vivas ou resíduos culturais durante o ano todo, com aporte de fitomassa aérea e de raízes ao solo (>10t ha⁻¹ ano⁻¹), aporte contínuo de matéria orgânica ao solo, proteção da superfície do solo contra os agentes erosivos, estruturação do solo, aumento da capacidade de armazenamento e infiltração de água e biodiversidade do solo (Hernani, Denardin, 2012; Ralisch *et al.*, 2017; Debiasi *et al.*, 2022).

O subíndice uso rentável da terra

(URT) variou de 0,1 a 0,9, com valor médio (n=12) de 0,46±0,29 e coeficiente de variação muito alto (CV=63%) (Tabela 10). Desse modo, o valor médio ficou abaixo do nível crítico de 0,5. Dentre os talhões avaliados cerca de 66% apresentaram URT ≤ 0,4 (T2, T4, T5, T7, T8, T9, T11 e T12) e 33% apresentaram URT ≥ 0,7 (T1, T3, T6 e T10). Isto indica que há necessidade de melhorar o URT, principalmente, o indicador controle de custos e, também, o uso de culturas geradoras de renda no inverno nos talhões destinados à produção de grãos, especialmente na estação de outono-inverno.

Em relação ao subíndice conserva-

ção do solo e água (CSA), este variou de 1,3 a 1,8, com valor médio (n=12) de 1,54±0,17 e médio coeficiente de variação (CV=11%) (Tabela 10). Portanto, os valores em média ficaram bem abaixo do nível crítico de 2,5. Embora os produtores reconheçam e preocupem-se com a CSA de suas lavouras, em praticamente todas as áreas há ausência de práticas conservacionistas de suporte, tais como o cultivo em contorno e os terraços agrícolas. Assim, este subíndice apresentou apenas 51% do valor potencial, mas pode ser significativamente melhorado. Isso, seguramente, traria benefícios diretos e indiretos para as lavouras avaliadas, considerando que as

Tabela 10. Valores dos subíndices e do índice de qualidade do manejo conservacionista do solo (IQMCS) em área submetidas ao sistema plantio direto no Planalto de Santa Catarina e nos Campos de Cima da Serra do Rio Grande do Sul

Table 10. Values of the sub-indexes and the soil conservation management quality index (IQMCS) in areas subject to no tillage system in the Santa Catarina and Rio Grande do Sul highlands

Polo de produção	Talhão	Município/UF	Tipo Solo	² Manejo do solo	¹ Subíndices					Índice	Faixa
					DIV	URT	CSA	QFS	QES		
I	1	Barracão/RS	Latossolo Vermelho aluminico típico	S/T; S/Avbr; S/T	2	0,9	1,5	1,3	0,7	6,5	D
	2	Barracão/RS	Latossolo Vermelho aluminico típico	S/Avpr; S/Avpr; S/Avpr.	2	0,1	1,8	1,0	0,7	6,1	D
	3	São José do Ouro/RS	Latossolo Vermelho aluminico típico	S/Avpr; S/Avbr; S/T	2	0,7	1,4	1,0	0,7	5,8	D
II	4	Zortéa/SC	Cambissolo Háplico aluminico típico	S/Avpr; S/T; S/Avpr	2	0,4	1,5	1,3	0,6	5,8	D
	5	Campos Novos/SC	Nitossolo Vermelho aluminico típico	S/Avpr; S/Avbr; S/T	2	0,3	1,6	1,8	0,7	6,4	D
	6	Campos Novos/SC	Latossolo Bruno aluminico típico	S/Avpr; S/er+Av; Mi/Milt/T	3	0,8	1,3	1,3	0,7	7,1	C
III	7	Brunópolis/SC	Latossolo Bruno aluminico típico	S/Avucr; S/Avucr; S/avucr	2	0,4	1,4	0,7	0,8	5,3	D
	8	Brunópolis/SC	Latossolo Bruno aluminico típico	Mi/avucr; S/avucr; S/avucr	3	0,4	1,5	1,7	0,8	7,4	C
	9	Curitibanos/SC	Nitossolo Bruno aluminico húmico	S/avucr; S/avucr; Mi/avpr+er+nab	3	0,2	1,5	1,3	0,9	6,9	D
IV	10	Cerro Negro/SC	Cambissolo Húmico aluminico léptico	S/Av+Az; S/Av+Az; S/Av+Az	2	0,9	1,8	0,5	0,7	5,9	D
	11	Cerro Negro/SC	Cambissolo Háplico aluminico léptico	S/avpr; S/avpr; S/avpr	2	0,2	1,4	0,7	1,0	5,3	D
	12	Campo Belo do Sul/SC	Nitossolo Vermelho aluminico	S/er; Mi/avpr; S/er	3	0,2	1,8	2,0	1,0	8,0	B
Média					2,3	0,46	1,54	1,22	0,78	6,4	
³ DP					0,49	0,29	0,17	0,46	0,13	0,87	
⁴ CV(%)					21	63	11	38	17	14	

¹DIV= diversificação de culturas; URT= uso rentável da terra; CSA= conservação do solo e da água; QFS= química da fertilidade do solo; QES= qualidade estrutural do solo. ²S=Soja; Avbr= aveia branca; T= trigo; Avpr=Aveia preta; er= ervilhaca; Mi= milho; Milt= milheto; avucr= aveia ucraniana; Av+Az=aveia + azevém (pastejo). ³DP= desvio padrão; ⁴CV= coeficiente de variação (DP/Média)*100.

¹DIV= crop diversification; URT= profitable land use; CSA= soil and water conservation; QFS= soil fertility chemistry; QES= soil structural quality. ²S=Soybean; Avbr= white oats; T= wheat; Avpr= black oats; er= vetch; Mi= corn; Milt= millet; avucr= Ukrainian oats; Av+Az=oats + ryegrass (grazing). ³SD= standard deviation; ⁴CV= coefficient of variation (SD/Mean)*100

condições de relevo e clima exigem tais práticas (Tabela 1). Hörbe *et al.* (2021) alcançaram maiores taxas de água disponível no ciclo da soja (14%) e no ciclo do milho (8%). Encontraram incrementos no rendimento de grãos de soja (12%) e no milho (10%), em uma bacia hidrográfica em SPD, com terraços agrícolas de base larga, comparada a uma área pareada, sem terraços agrícolas, em um Nitossolo Vermelho Distrófico típico, no município de Júlio de Castilhos no Rio Grande do Sul.

Em relação ao subíndice química da fertilidade do solo (QFS), este variou de 0,5 a 2,0, com valor médio ($n=12$) de $1,22 \pm 0,46$ e coeficiente de variação muito alto ($CV=38\%$), (Tabela 10). Portanto, os valores em média ficaram acima do nível crítico de 1,0. Isso indica que o subíndice QFS apresentou desempenho variando de 25% (0,5) abaixo do nível crítico a 100% (2,0) valor máximo, ou seja: quanto mais próximo de zero, maior a necessidade de correções dos indicadores químicos pH-H₂O, fósforo (P) e potássio (K), especialmente na camada de 10-20cm. Já o valor observado igual a 2,0 denota não haver limitação de ordem química na camada de 0-20cm do solo para os indicadores pH-H₂O, P e K. Autores apontam que estas limitações químicas estão relacionadas à forma de aplicação do calcário e fertilizantes em superfície em lavouras manejadas sob SPD, o que eleva a concentração de nutrientes (P e K) e do pH-H₂O na camada de 0-10cm, porém, apresentam níveis insuficientes destes indicadores, em função do adensamento e/ou compactação na camada de 10-20cm do solo (Spera *et al.*, 2018; Nunes *et al.*, 2019; Amaral *et al.*, 2024).

A qualidade estrutural do solo (QES), cujos valores podem variar de 0 a 1, avaliada pelos indicadores teor de matéria orgânica no solo (MOS) e espessura da camada com estrutura granular, na camada de 0-20cm do solo, apresentando valores variando de 0,7 a 1,0, com valor médio ($n=12$) de $0,78 \pm 0,13$ e coeficiente de variação médio ($CV=17\%$), (Tabela 10). Portanto, os valores ficaram em

média acima do nível crítico de 0,5.

Observa-se que este apresentou um desempenho na ordem de 78%, ou seja, é possível melhorá-lo em média, em pelo menos 22% nos talhões estudados, especialmente a espessura da camada com estrutura granular que foi, em geral, menor do que 10 cm. Em relação aos teores de MO, em função de haver uma correlação positiva com a agregação e estruturação do solo (RALISCH *et al.*, 2017), também foi incluída como indicador da QES. Constatou-se que em média os valores de MO na camada de 0-20 cm do solo foram de 3,73 %, considerado um valor médio de acordo com a SBCS (2016), suficiente para manter a QES.

Telles *et al.*, (2020), utilizando o índice de qualidade participativo do sistema de plantio direto (IQP2), adaptado e aprimorado de Roloff *et al.*, (2011) e Martins *et al.*, (2018), nas condições de solo e clima paranaenses, concluíram que a intensidade da rotação de culturas (IR) e a avaliação dos indicadores de conservação do solo (CA) devem ser revisados, pois eles são fracamente correlacionados com o IQP2. O IQP2 é composto por 8 indicadores e não considera diretamente os fatores: uso rentável da terra, indicadores químicos da fertilidade e a qualidade estrutural do solo. Além disso, não está alicerçado em uma ferramenta baseada nos cenários diagnósticos na camada de 0-20cm do solo. Assim, o IQMCS proposto pode trazer benefícios ao produtor, pois estabelece as diretrizes e especifica o indicador mais restritivo que deve ser corrigido, implementado ou aprimorado nos modelos de produção em SPD.

Conclusões

- O diagnóstico físico e químico do solo identificou a necessidade de correções em 92% dos talhões estudados;
- O IQMCS predominante foi a faixa D, com valores menores do que 7,0;
- Os subíndices URT, CSA e QFS foram os que apresentaram menores desempenhos, na ordem de 46%, 51%

e 61%, indicando que estes devem ser priorizados em um programa de aperfeiçoamento dos modelos de produção em lavouras manejadas sob o sistema plantio direto nas condições edafoclimáticas deste estudo.

Contribuição dos autores

André Julio do Amaral: Escrita – primeira redação, validação, metodologia, investigação, análise formal, curadoria de dados, conceituação, captação de financiamento. **José Eloir Denardin:** Investigação, análise formal, curadoria de dados, conceituação. **Vanderlise Giongo:** investigação, análise formal, curadoria de dados, conceituação. **Anderson Santi:** Escrita – revisão e edição, investigação. **Alvaro Augusto Dossa:** Escrita – revisão e edição, metodologia, investigação. **Fabício Jardim Hennigen:** Metodologia, conceituação, aquisição de financiamento.

Conflito de interesses

Os autores declaram não ter conflitos de interesses neste trabalho.

Dados de pesquisa

Dados serão disponibilizados pelo autor por solicitação

Financiamento

Este trabalho recebeu financiamento mediante o acordo de cooperação técnica e financeira firmado entre a Embrapa, a Cooperativa Regional Agropecuária de Campos Novos – Copercampos e a Fundação de Apoio à Pesquisa e Desenvolvimento Agrícola Edmundo Gastal – FAPEG, conforme o Projeto Embrapa SAIC: 21100.22/0108-0, registro IDEARE: 20.23.00.053.00.00

Agradecimentos

Aos produtores associados e aos técnicos de campo da Cooperativa Regional Agropecuária de Campos Novos

– Copercampos, pelo acesso as áreas e apoio logístico para a caracterização, amostragem de solo nos talhões e levantamento de informações, aos técnicos da Embrapa Trigo Darci Luiz Veronese, Telles Dall Agnol e Cristiano Albino Tomasi, pelo apoio aos trabalhos de campo e de laboratório.

Referências

AMARAL, A. J., DENARDIN, J. E., SANTI, A., GIONGO, V., HENNINGEN, F.J. Diagnóstico físico e químico do solo em lavouras sob sistema plantio direto no Planalto Serrano de Santa Catarina e nos Campos de Cima da Serra do Rio Grande do Sul. **Agropecuária Catarinense**, v.37, n.2, p.38–44, 2024.

BACK, A.; WILDNER, L. P. **HidroTerraço 1.0 – Programa para cálculos hidrológicos e dimensionamento de estruturas de conservação do solo e da água em áreas agrícolas**. Florianópolis: Epagri, 124p., 2022. (Documentos, 348).

BELLINASSO, R. J. S.; TIECHER, T.; VARGAS, J.P.R.; RHEINHEIMER, D. S. Crop yields in no-tillage are severely limited by low availability of P and high acidity of the soil in depth. **Soil Research**, p.1-17, 2021.

DEBIASI, H.; MONTEIRO, J. E. B. de A.; FRANCHINI, J. C.; FARIAS, J. R. B.; CONTE, O.; CUNHA, G. R.; MORAES, M. T.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; SILVA, F. A. M.; EVANGELISTA, B. A.; MARAFON, A. C. **Níveis de manejo do solo para avaliação de riscos climáticos na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2022. 137 p. (Embrapa Soja. Documentos, 447).

FUENTES-LLANILLO, R.; TELLES, T. S.; SOARES JUNIOR, D.; MELO, T. R. de; FRIEDRICH, T.; KASSAM, A. Expansion of no-tillage practice in conservation agriculture in Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 208, 104877, 2021.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 15 th ed. FEALQ, Piracicaba. 2009

HERNANI, L. C.; DENARDIN, J. E. Sementeira direta e plantio direto. In: HERNANI, L. C. (Ed.). **Sistema Plantio Direto**. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

HÖRBE T.; MINELLA J.P.G.; SCHNEIDER F.J.A.; LONDERO, A.L.; GUBIANI, P.I.; MERTEN, G.H.; SCHLESNER, A. Managing runoff in rainfed agriculture under no-till system: potential for improving crop production. **Rev Bras Cienc Solo**, v.45, 2021. DOI : <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20210015>

MARTINS, A.L.S.; CONTE, O.; OLIVEIRA, P.; DOSSA, A.A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.; HERNANI, L.C.; RALISCH, R.; LEONARDO, H.C.L.; LUNARDI, L. ; SALTON, J.; TOMAZI, M.; PITOL, C.; BONA, F.D.; BOEIRA, R.B. **Avaliação “ex ante” do Índice de Qualidade Participativo do Plantio Direto (IQP) com produtores do Centro-Sul do Brasil**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. 52 p. (Embrapa Solos. Documentos, 203).

NUNES, M.R.; DENARDIN, J.E.; VAZ, C.M.P. KARLEN, D.L.; CAMBARDELLA, C.A. Lime movement through highly weathered soil profiles. **Environmental Research Communications**, v.1, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ab4eba>

RALISCH, R.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C.; MELO, A. da S.; SANTI, A.; MARTINS, A. L. da S.; BONA, F. D. de. **Diagnóstico rápido da estrutura do solo - DRES**. Londrina: Embrapa Soja 63 p. 2017. (Documentos, 390).

ROLOFF, G.; RAMIRO, A. T.; MELLO, I. Índice de qualidade participativo do plantio direto. Ponta Grossa: FEBRAPDP, 2011. 5p. **Boletim Técnico**, 2011.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). **Manual de Adubação e de calagem para os Estados do rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul: Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016. 316p.

SANTOS, H.G., JACOMINE, P.K.T., ANJOS, L.H.C. dos, OLIVEIRA, V.A. de, LUMBRE-RAS, J.F., COELHO, M.R., ALMEIDA, J.A. de, ARAÚJO FILHO, J.C. de, OLIVEIRA, J.B. de; CUNHA, T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília, DF: Embrapa. 2018. 356p.

SPERA, S.T., MAGALHÃES, C.A.D.S., DENARDIN, J.E., ZOLIN, C.A., MATOS, E. D.S., SOUZA, L.G.A.D.; SHIRATSUCHI, L.S. **Estratificação química e física em solos manejados com sistema plantio direto em mato grosso - entraves à produção das culturas**. Embrapa, Sinop, MT: 2018. (Embrapa. Documentos, n. 7).

TELLES, T. S.; RIGHETTO, A. J.; LOURENÇO, M. A. P.; BARBOSA, G. M. C. No-tillage system participatory quality index. **Rev Bras. Eng. Agric. e Amb.**, v.24, n.2, p.128-133, 2020.

TORMENA, C. A.; SÁ, J. C. M.; FIGUEIREDO, G. C.; SEVERIANO, E.C.; GUIMARÃES, R. M. L.; LIMA, R. P. Relações da matéria orgânica com atributos físicos de solos de regiões subtropicais e tropicais brasileiras, p.85-125. In.: **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical** / Wagner Bettiol ... [et al.], editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, 2023. 788p.

WREGE, M. C.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIO, C.; ALMEIDA, I. R. **Atlas climático da região Sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e do Rio Grande do Sul**. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

Simulação da infecção em refúgio hibernar do gorgulho-aquático *Oryzophagus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) pelo fungo *Beauveria bassiana*¹

Sergio Francisco Bervanger², Eduardo Rodrigues Hickel³ e César Assis Butignol⁴

Resumo – *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima) (Coleoptera: Curculionidae) é praga-chave da cultura do arroz irrigado na Região Sul do Brasil. Embora o controle biológico da espécie com fungos entomopatogênicos seja promissor, ainda há carência de estudos da ecologia patógeno-hospedeiro para efetivação em campo. O objetivo deste trabalho foi simular a infecção em refúgio hibernar de adultos de *O. oryzae* por *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Na primeira simulação, foi verificada a eficiência do fungo presente em carcaças do inseto com micélios exteriorizados recolhidas há 20 meses (inóculo “velho”), enquanto que na segunda simulação as carcaças infectadas foram obtidas 2 dias antes (inóculo “novo”). A primeira simulação foi montada em caixas gerbox com o fundo forrado com papel toalha umedecido, sendo colocados 10, 50 e 100 insetos vivos com 0, 1, 5 e 10 carcaças infectadas. Na segunda simulação, em caixas acrílicas (9,5 x 4,5 x 3cm), foram colocados 4, 8, 21 e 42 insetos vivos com 0, 2 e 4 carcaças. Em ambos os ensaios, o delineamento foi completamente casualizado com 4 repetições. Foram avaliadas as taxas de mortalidade e de insetos com esporulações exteriorizadas, confirmando a infecção por *B. bassiana*. Carcaças infectadas obtidas há 20 meses não resultaram em aumento de mortalidade para nenhuma das quantidades de inóculo e densidades de insetos. Já com carcaças infectadas há 2 dias, houve mortalidade e exteriorização de micélios nos insetos significativas para a quantidade de carcaças, independente da densidade de insetos nas caixas. Disto resulta que o controle biológico de *O. oryzae* em refúgio hibernar por *B. bassiana* depende de quão longo e infectivo está o inóculo do fungo.

Termos para indexação: Bicheira-da-raiz; Controle biológico; Fungo entomopatogênico; Praga de solo; Arroz irrigado.

Simulation of infection in the overwinter refuge of the South American rice water weevil *Oryzophagus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) by the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana*

Abstract – *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima) (Coleoptera: Curculionidae) is a key pest of irrigated rice in the southern region of Brazil. Although biological control of the species with entomopathogenic fungi is promising, there is still a lack of studies on pathogen-host ecology for field implementation. The objective of this work was to simulate infection of *O. oryzae* adults by *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. in overwinter refuge. In the first simulation, the efficiency of the fungi present in insect carcasses with externalized mycelia collected 20 months ago was verified (“old” inoculum), while in the second simulation, the infected carcasses were obtained 2 days earlier (“new” inoculum). The first simulation was set up in gerboxes with the bottom lined with moistened paper towels, with 10, 50 and 100 live insects placed with 0, 1, 5 and 10 infected carcasses. In the second simulation, 4, 8, 21 and 42 live insects were placed with 0, 2 and 4 carcasses in acrylic boxes (9,5 x 4,5 x 3cm). In both trials, the design was completely randomized with 4 replicates. The mortality rate and the number of insects that had externalized sporulations caused by the fungi were evaluated. Infected carcasses obtained 20 months ago did not result in increased mortality for any of the inoculum amounts and insect densities. With 2-day-old infected carcasses, there was significant mortality and externalization of mycelia in the insects for the number of carcasses, regardless of the density of insects in the boxes. It follows that the biological control of *O. oryzae* in overwinter refuge by *B. bassiana* depends on how long-lived and infective the fungal inoculum is.

Index terms: Root weevil; Biological control; Soil insect pest; Invertebrate pathology; Irrigated rice.

Submetido em 09/10/2024. Aceito para publicação em 07/04/2025.

DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v38i1.1940>

Editor de seção: Paulo Antonio de Souza Gonçalves/ Epagri

¹ Extraído do trabalho de conclusão de curso (TCC) do primeiro autor, apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Engenheiro-Agrônomo.

² Engenheiro-agrônomo, Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Ademar Gonzaga, 1346, Itacorubi, 88040-900, Florianópolis, SC, e-mail: sbervanger@gmail.com.

³ Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Estação Experimental de Itajaí, C.P. 277, 88301-970, Itajaí, SC, fone: (47) 3398-6337, e-mail: hickel@epagri.sc.gov.br

⁴ Professor Associado, Dr., UFSC/Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Rod. Ademar Gonzaga, 1346, Itacorubi, 88040-900, Florianópolis, SC, e-mail: cesar.butignol@ufsc.br

Introdução

O estado de Santa Catarina é o segundo produtor nacional de arroz, sendo responsável por 11% da produção. A área média anual destinada ao cultivo do arroz irrigado no Estado é de 146 mil hectares, com a produção de cerca de 1,2 milhão de toneladas do grão. Na safra 2023/2024, a produtividade média obtida foi de 8,5 t/ha (Padrão, 2024).

No sistema de cultivo de arroz pré-germinado, que predomina em Santa Catarina, a presença da lâmina de água desde a semeadura antecipa e intensifica a infestação pelo gorgulho-aquático *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima) (Coleoptera: Curculionidae), um inseto de ocorrência crônica em todas as regiões orizícolas de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul (Martins *et al.*, 2020; Hickel, 2022; Reunião..., 2022). A larva de *O. oryzae* recebe a denominação vulgar de bicheira-da-raiz e é a praga de solo mais importante do arroz. A bicheira-da-raiz se instala no sistema radicular das plantas e facilmente atinge o nível de dano econômico, podendo causar perdas significativas na produção (Rosa *et al.*, 2013; Martins *et al.*, 2020).

O controle químico é o método mais utilizado contra a bicheira-da-raiz, porém seu emprego indiscriminado pode ocasionar problemas de contaminação humana e ambiental (Nakagome; Noldin; Resgala Jr., 2006; Martins; Cunha, 2007). A utilização de fungos entomopatogênicos no controle de adultos de *O. oryzae* é considerada promissora (Martins *et al.*, 1986; Prando; Ferreira, 1994; Costa *et al.*, 2001), porém ainda faltam estudos para a efetivação de uma recomendação de campo (Leite *et al.*, 1992; Irwin, 1996; Martins *et al.*, 2010). O controle biológico com fungos entomopatogênicos apresenta bom potencial para emprego em locais onde há maior concentração de insetos, como nos refúgios de hibernação (Alves, 1998; Vega *et al.*, 2007).

Os adultos de *O. oryzae* passam o período de entressafra do arroz em diapausa, abrigados em refúgios hibernais, distribuindo-se de forma agregada

(Redaelli; Becker; Romanowski, 1997). Os hibernantes se dirigem para locais sombreados, aglomerando-se entre o solo e vegetais em decomposição de capões de mata, macegais, bambuzais, canaviais, ou mesmo na vegetação que reveste os canais de irrigação e drenagem. Uma parcela da população pode, inclusive, hibernar na própria resteva do arroz (Camargo; Asayama; Leite, 1990; Bao; Pérez, 2012). Nesses refúgios normalmente ocorre epizootia de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., podendo atingir aproximadamente 42% da população hibernante (Mielitz; Silva, 1992).

O fungo *B. bassiana* (Hypocreales: Cordycipitaceae) é cosmopolita e encontrado frequentemente sobre insetos ou em amostras de solo, podendo permanecer por longos períodos em saprogênese. Em campo, ocorre de forma enzoótica e epizootica em coleópteros e hemípteros, entre outras ordens de insetos, causando doença letal. Devido a sua virulência e a seu amplo espectro de hospedeiros, esse fungo tem sido um dos entomopatógenos mais pesquisados e utilizados em programas de controle biológico de pragas (Alves, 1998; Mascarin; Jaronski, 2016).

Um melhor conhecimento da epizootia de *B. bassiana* nos refúgios de hibernação de *O. oryzae* poderá fornecer subsídios para a aplicação do controle biológico nestes locais. Hickel, Milanez e Hinz (2015) propõem que a contaminação dos gorgulhos aquáticos por *B. bassiana* deva ser artificialmente promovida em armadilhas luminosas, antes destes migrarem para os refúgios de hibernação. Assim, a chegada de gorgulhos já contaminados na hibernação incrementaria as epizootias por *B. bassiana*.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi simular a infecção em refúgio hibernar de adultos de *O. oryzae* por *B. bassiana*, para esclarecer aspectos da ecologia patógeno-hospedeiro. Para tanto, adotou-se o modelo ecológico de adultos livre de contaminação, chegando em locais com infectados já presentes.

Material e métodos

Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Entomologia da Estação Experimental de Itajaí, sob temperatura de 24±1°C e umidade relativa do ar de 60±4%.

O. oryzae vivos foram capturados entre os dias 30/09 e 01/10/2017, mediante armadilhas luminosas, modelo Luiz de Queiroz, instaladas no campo. Após a triagem da coleta, os indivíduos foram mantidos em caixas gerbox (11 x 11 x 3cm), com fundo forrado com papel toalha umedecido. Folhas de grama-boiadeira (*Luziola peruviana* Juss.), lavadas em água corrente, foram fornecidas *ad libitum* como alimento.

Como fonte de inóculo foram utilizadas carcaças de indivíduos adultos de *O. oryzae* infectados naturalmente por *B. bassiana* em laboratório e envoltas por massa fúngica pulverulenta, caracterizada pela exteriorização de micélios e esporos do entomopatógeno. Inóculo de duas épocas foram utilizados, sendo um de carcaças recolhidas em 20/01/2016 e mantidas em placa de petri no laboratório (inóculo “velho”) e o outro de carcaças recolhidas em 25/10/2017 (inóculo “novo”). A quantidade de esporos nas carcaças foi aferida mediante contagem em câmara de Neubauer. As soluções para contagem de esporos foram preparadas adicionando-se 5 carcaças em 1mL de água destilada com 0,1mL de surfactante Tween 20 e agitadas por 30s.

O ensaio com inóculo “velho” foi instalado em 03/10/2017, utilizando-se caixas gerbox (121cm² de área) previamente desinfetadas com álcool 96GL e fundo forrado com papel toalha umedecido com água destilada. Os tratamentos, em delineamento fatorial, consistiram de três densidades de insetos vivos, sendo 1:12,1cm²; 1:2,42cm² e 1:1,21cm² (10, 50 e 100 indivíduos por caixa) e quatro quantidades de inóculo de *B. bassiana*, equivalentes a 0, 1, 5 e 10 carcaças por caixa.

O ensaio com inóculo “novo” foi instalado em 27/10/2017, utilizando-se caixas acrílicas (9,5 x 4,5 x 3cm) também desinfetadas com álcool 96GL e

fundo forrado com papel toalha ume-decido. Optou-se pelas caixas menores em função da menor disponibilidade de insetos e carcaças infectadas, contudo, procurando-se manter as mesmas densidades do ensaio anterior. Os tratamentos, também em delineamento fatorial, consistiram de quatro densidades de insetos vivos, sendo 1:10,7cm²; 1:5,3cm²; 1:2cm² e 1:1cm² (4, 8, 21 e 42 indivíduos por caixa) e três quantidades de carcaças infectadas por *B. bassiana*, equivalentes a 0, 2 e 4 carcaças por caixa.

As carcaças infectadas (inóculo) foram depositadas no centro das caixas, em câmara de fluxo laminar, sendo logo em seguida colocados os insetos vivos, sem o fornecimento de alimentação. As caixas foram mantidas em sala climatizada e rotacionadas uma vez ao dia, para evitar o acúmulo de insetos na face voltada para a luz natural. Esta aglutinação de indivíduos poderia, em tese, proporcionar uma maior infecção de indivíduos, que não ocorreria em condições de campo.

Para ambos os ensaios, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições. As avaliações ocorreram no intervalo de 10 a 15 dias e uma semana após, contando-se o número de insetos mortos e aqueles com esporulação esbranquiçada característica (Figura 1), sendo estes últimos considerados infectados por *B. bassiana*. As taxas de mortalidade foram transformadas para $\text{Arcsen}(\sqrt{(x/100)})$ e submetidas à análise de variância e teste de médias a 5% de significância. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o software R (R Development Core Team, 2013).

Resultados e discussão

Não houve diferenças significativas no ensaio com inóculo “velho”, quer para incidência de infecção fúngica por *B. bassiana* ($F_{17/\text{out}} = 1,02$; $p=0,37$; $F_{25/\text{out}} = 1,37$ $p=0,26$), quer para mortalidade geral ($F_{17/\text{out}} = 1,54$ $p=0,22$; $F_{25/\text{out}} = 0,96$ $p<0,40$) em todas as quantidades de inóculo (carcaças) e densidades (Tabela 1). Isso demonstra que, embora tives-

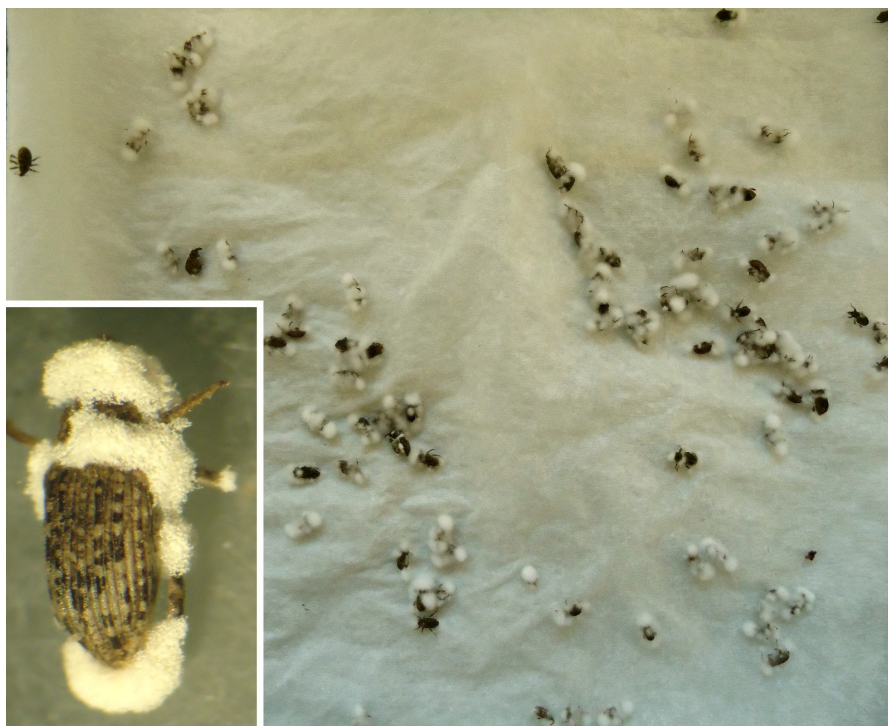


Figura 1. Epizootia de *Beauveria bassiana* em refúgio hibernar simulado. No detalhe, o característico crescimento micelial esbranquiçado na carcaça do inseto
Foto: Eduardo Hickel

Figure 1. Epizootic of *Beauveria bassiana* in simulated overwinter refuge. In detail, the characteristic whitish mycelial growth on the insect carcass
Photo: Eduardo Hickel

sem esporos disponíveis ($7,4 \times 10^5$ esporos/carcaça), estes perderam a viabilidade com o passar do tempo, deixando de infectar os insetos. Esse resultado corrobora com Borges *et al.* (2011) que verificaram que o inóculo de *B. bassiana* persistiu por até 120 dias após a aplicação em área de cultivo de erva-mate (*Ilex paraguayensis* St.-Hil.).

A baixa persistência do inóculo de *B. bassiana* nos agroecossistemas é um problema a ser resolvido na efetivação do controle biológico e é foco de inúmeros estudos no Brasil e no exterior. Busca-se, entre outros, conhecer o efeito de fatores bióticos e abióticos sobre essa persistência (Ingles; Goettel; Johnson, 1993; Kouassi; Coderre; Todorova, 2003; Dolci *et al.*, 2006; Borges *et al.*, 2011), bem como desenvolver formulações e adjuvantes que mantenham por mais tempo a infectividade dos propágulos (Mascarin e Jaronski, 2016).

No ensaio com inóculo “novo” houve efeito significativo da quantidade de inóculo ($1,4 \times 10^6$ esporos/carcaça) so-

bre a mortalidade geral dos indivíduos e, principalmente, para aqueles infectados por *B. bassiana*, sendo que a presença de inóculo (carcaças) resultou em maior mortalidade, independente da densidade no abrigo hibernar simulado (Tabela 2). Esses resultados indicam que a epizootia de *B. bassiana* é dependente da presença de inóculo ativo no ambiente e daquele que vai sendo gerado no abrigo hibernar e que o acúmulo de indivíduos nesse ambiente, proporcionalmente, não contribui para a epizootia.

Embora a mortalidade geral na testemunha (sem inóculo) tenha sido relativamente alta (acima de 70%) (Tabela 2), a quantidade de indivíduos efetivamente mortos por infecção fúngica foi baixa (até 22%). Essa mortalidade geral alta resultou da captura de insetos no início de outubro, quando ocorre a saída do período de diapausa, cujos indivíduos, mesmo alimentados, têm baixa longevidade (Martins *et al.*, 2020). Por sua vez, a infecção fúngica por *B. bas-*

Tabela 1. Mortalidade geral e devido à infecção por *Beauveria bassiana* em adultos de *Oryzophagus oryzae* expostos a diferentes quantidades de inóculo “velho” (carcaças infectadas há 20 meses) em refúgio hibernal simulado
 Table 1. Overall mortality and mortality due to *Beauveria bassiana* infection in *Oryzophagus oryzae* adults exposed to different amounts of “old” inoculum (20-month-old infected carcasses) in a simulated overwinter refuge

Inóculo “velho” (carcaças)	Avaliação em 06/11/2017			Avaliação em 13/11/2017		
	Adultos de <i>O. oryzae</i>			Adultos de <i>O. oryzae</i>		
	10	50	100	10	50	100
----- Mortalidade (%) ¹ -----						
0	27,5 ± 15,0	33,0 ± 26,8	35,5 ± 26,8	42,5 ± 22,2	50,5 ± 21,1	57,7 ± 21,1
1	22,5 ± 12,6	57,5 ± 10,0	29,2 ± 25,3	37,5 ± 19,0	71,0 ± 2,6	55,2 ± 19,8
5	27,5 ± 22,2	39,0 ± 6,6	24,0 ± 8,4	32,5 ± 15,0	58,0 ± 9,9	49,2 ± 10,2
10	57,5 ± 17,1	31,5 ± 22,0	43,0 ± 6,4	57,5 ± 17,1	44,0 ± 20,2	63,2 ± 4,6
CV (%) ²	31,34			18,88		
----- Infectados (%) ¹ -----						
0	0,0 ± 0,0	0,5 ± 1,0	1,2 ± 1,9	0,0 ± 0,0	1,5 ± 1,0	2,6 ± 3,4
1	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	4,5 ± 5,3	0,0 ± 0,0
5	5,0 ± 10,0	1,0 ± 1,5	0,2 ± 0,5	10,0 ± 20,0	4,0 ± 8,0	0,2 ± 0,5
10	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	4,7 ± 9,5
CV (%)	295,14			219,10		

^{1/} Não foram detectadas diferenças estatísticas pelo teste F da análise de variância.
^{2/} Coeficiente de variação em porcentagem
^{1/} No statistical differences were detected by the F test of the analysis of variance.
^{2/} Coefficient of variation in percentage

Tabela 2. Mortalidade geral e devido à infecção por *Beauveria bassiana* em adultos de *Oryzophagus oryzae* expostos a diferentes quantidades de inóculo “novo” (carcaças infectadas há 2 dias) em refúgio hibernal simulado
 Table 2. Overall mortality and mortality due to *Beauveria bassiana* infection in *Oryzophagus oryzae* adults exposed to different amounts of “new” inoculum (2-day-old infected carcasses) in a simulated overwinter refuge

Inóculo (carcaças)	Avaliação em 06/11/2017 ¹		Avaliação em 13/11/2017 ¹	
	Mortalidade (%)	Infectados (%)	Mortalidade (%)	Infectados (%)
0	73,4 ± 18,8 b	10,3 ± 13,5 b	86,8 ± 15,8 b	21,7 ± 2,4 b
2	97,3 ± 5,3 a	28,9 ± 26,9 ab	99,3 ± 1,4 a	73,2 ± 13,4 a
4	99,7 ± 1,2 a	55,8 ± 23,8 a	100 ± 0,0 a	73,8 ± 12,0 a
CV (%) ²	3,89	53,30	4,27	23,24

^{1/} Não foram detectadas diferenças estatísticas pelo teste F da análise de variância.
^{2/} Coeficiente de variação em porcentagem
^{1/} No statistical differences were detected by the F test of the analysis of variance.
^{2/} Coefficient of variation in percentage

siana no tratamento testemunha pode ocorrer tanto pela captura de insetos previamente contaminados com esporos no campo, como pela contaminação por manipulação laboratorial, apesar de serem tomados todos os cuidados para evitá-la (Hickel; Milanez; Hinz, 2015). Não obstante, a taxa de infectados na testemunha ficou bem aquém daquelas observadas nos tratamentos com a presença de inóculo (Tabela 2).

Cabe destacar que a detecção da mortalidade por infecção fúngica evoluiu com o passar do tempo e a presença de insetos com exteriorização de micélios ultrapassou 70% dos indivíduos mortos na segunda avaliação (Tabela

2). Isso se deve a dois motivos, primeiro pelo tempo decorrido no processo de ença, que culmina com a esporulação do fungo fora da carcaça do inseto (Alves, 1998; Mascarin; Jaronski, 2016) e segundo, pelo incremento da fonte de inóculo, à medida que mais carcaças passam a produzir e liberar esporos. Nos experimentos conduzidos por Hickel, Milanez e Hinz (2015) e por Tomasoni, Heiber e Hickel (2018), utilizando a armadilha luminosa como aparato de contaminação fúngica por *B. bassiana*, as taxas de mortalidade de *O. oryzae* ficaram na ordem de 73 a 98%.

Vários estudos corroboram a eficiência de *B. bassiana* no controle de cole-

ópteros, inclusive da família Curculionidae. Resultados obtidos por Coutinho e Cavalcanti (1988), no controle biológico do bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman, mostraram se tratar de uma alternativa viável, de baixo custo e não poluente. O controle biológico do moleque-da-bananeira, *Cosmopolites sordidus* (Germar), tem sido eficaz com a contaminação dos insetos em armadilhas atrativas, confeccionadas com o pseudocaule da bananeira impregnado com *B. bassiana* (Prando, 2006). Também no estudo realizado por Borges (2007), houve redução significativa do ataque de *Hedypathes betulinus* (Klug) (Coleoptera: Cerambycidae) em

erveiras (*I. paraguayensis*), em razão da aplicação do formulado de *B. bassiana*.

Extrapolando os resultados do presente trabalho, tendo em vista a ecologia da epizootia de *B. bassiana* nos abrigos hibernais, é possível inferir que o inóculo que fica de um ano para o outro nos abrigos, representado pelas carcasas dos indivíduos infectados, perde muito da sua virulência e pouco contribui para desencadear novas contaminações. Isso faz com que a epizootia de *B. bassiana* demore a ocorrer, sendo evidenciada somente no final do período de diapausa de *O. oryzae* (Mielitz; Silva, 1992). Essa suposição é plausível pois, do contrário, não era de se esperar que *O. oryzae* se tornasse praga em arroz irrigado, uma vez que, a cada ciclo, as populações estariam sob intenso controle biológico natural por *B. bassiana* nos abrigos de hibernação.

Sob o ponto de vista do manejo integrado de pragas, especificamente na aplicação do controle biológico de *O. oryzae* com *B. bassiana*, os resultados sugerem que, anteriormente a cada entressafra, deve-se contaminar com inóculo ativo os indivíduos que deixam a lavoura rumo à hibernação, ou de alguma forma, propiciar que esporos viáveis adentrem os abrigos de hibernação. Neste aspecto, Hickel, Milanez e Hinz (2015) propuseram o uso de armadilhas luminosas como local para contaminação artificial de adultos de *O. oryzae* com esporos viáveis de *B. bassiana*, justamente para garantir que cheguem mais indivíduos contaminados aos locais de hibernação.

O fato de a densidade de insetos vivos no abrigo hibernar simulado não ter contribuído para uma maior infecção fúngica dos indivíduos sugere que mais estudos devam ser conduzidos, talvez com uma melhor simulação das condições naturais desses abrigos. Era esperado que nas densidades menores, a probabilidade dos indivíduos contatarem a fonte de inóculo fosse menor e assim, a mortalidade por infecção fúngica menor também. É possível que o volume vazio encerrado nas caixas usadas como compartimento para reter os indivíduos tenha permitido a ampla disper-

são de esporos no ambiente, facilitando a contaminação e infecção fúngicas.

Conclusões

- O controle biológico de *O. oryzae* em refúgio hibernar por *B. bassiana* depende de quão longo e infectivo está o inóculo do fungo.

- A presença de inóculo viável de *B. bassiana* nos abrigos hibernais de *O. oryzae* garante a epizootia do fungo.

Contribuição dos autores

Sergio Francisco Bervanger: Escrita - primeira redação, Validação, Metodologia, Investigação, Análise formal, Curadoria de dados, Conceituação. **Eduardo Rodrigues Hickel** - Escrita - revisão e edição, Validação, Metodologia, Investigação, Análise formal, Curadoria de dados, Recursos, Conceituação. **César Assis Butignol** - Escrita - revisão e edição, Análise formal, Conceituação.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses neste trabalho.

Dados de pesquisa

Dados serão disponibilizados pelo autor por solicitação.

Agradecimentos

Aos acadêmicos Miguel Busarello Lauterjung pelo auxílio nas análises estatísticas; Samantha Filippin e Moisés Pollak Júnior pela discussão crítica do manuscrito.

Referências

ALVES, S.B. **Controle microbiano de insetos**. 2.ed. Piracicaba: Fealq, 1998. 1163p.

BAO, L.; PÉREZ, O. **El gorgojo acuático del arroz**. Montevideo: INIA, 2012. 34p.

BORGES, L.R. **Eficiência de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Deuteromycota) para o controle de *Hedypathes betuli-***

nus (Klug) (Coleoptera: Cerambycidae) em erva-mate, *Ilex paraguariensis* ST. Hil. (Aquifoliaceae). 102f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

BORGES, L.R.; LAZZARI, S.M.N.; PIMENTEL, I.C.; CAMARGO, L.C.B.; KALINOSKI, L.M. Persistência no solo de inóculo de *Beauveria bassiana* empregado para o controle de *Hedypathes betulinus* em plantio de *Ilex paraguariensis*. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 41, n. 1, p. 135-144, 2011. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/328063413.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2018.

CAMARGO, L.M.P.C.A.; ASAYAMA, T.; LEITE, N. Locais de hibernação preferidos pelos adultos dos gorgulhos aquáticos do arroz irrigado, no município de Pindamonhangaba, estado de São Paulo. **Revista de Agricultura, [S.l.]**, v.65, n.1, p.75-79. 1990.

COSTA, E.L.N.; CRUZ, F.Z.; DIAS, R.B.O.; SILVA, R.F.P.; OLIVEIRA, J.V.; FIUZA, L.M. Controle de adultos de *Oryzophagus oryzae* (Col.: Curculionidae) com formulações comerciais de fungos entomopatogênicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2., 2001, Porto Alegre. **Anais[...]**. Porto Alegre, 2001. p. 357-359.

COUTINHO, J.L.B.; CAVALCANTI, V.A.L.B. Utilização do fungo *Beauveria bassiana*, no controle biológico do bicudo do algodoeiro em Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.5, p. 455-461, 1988. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/download/13888/7875>. Acesso em: 05 mar. 2018.

DOLCI, P.; GUGLIELMO, F.; SECCHI, F.; OZINO, O.I. Persistence and efficacy of *Beauveria brongniartii* strains applied as biocontrol agents against *Melolontha melolontha* in the Valley of Aosta (northwest Italy). **Journal of Applied Microbiology, [S.l.]**, v.100, n.5, p.1063–1072, 2006. DOI:10.1111/j.1365-2672.2006.02808.x.

HICKEL, E.R. Manejo de pragas. In: VALE, M.L.C.; HICKEL, E.R. (orgs.). **Recomen-**

dações para a produção sustentável de arroz irrigado em Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, 2022. p.81-99. (Sistema de Produção, 56).

HICKEL, E.R.; MILANEZ, J.M.; HINZ, R.H. Infecção artificial de adultos da bicheira-da-raiz com *Beauveria bassiana* em armadilha luminosa. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.28, n.1, p.74-77, 2015. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/182>. Acesso em 05 mar. 2018.

REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado:** recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Farroupilha, RS: SOSBAI, n. 33, 2022. p.126-142.

INGLIS, G.D.; GOETTEL, M.S.; JOHNSON, D.L. Persistence of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana*, on phylloplanes of crested wheatgrass and alfalfa. **Biological Control**, [S.l.], v.3, n.4, p.258-270, 1993. DOI: 10.1006/bcon.1993.1035.

IRWIN, M. Fighting the rice water weevil. **Rice Journal**, [S.l.], v.98, n.4, p.12-16, 1996.

KOUASSI, M.; CODERRE, D.; TODOROVA, S.I. Effect of plant type on the persistence of *Beauveria bassiana*. **Biocontrol Science and Technology**, [S.l.], v.13, n.4, p.415-427, 2003. DOI: 10.1080/0598315031000104532.

LEITE, L.G.; CAMARGO, L.P.C.A.; BATISTA FILHO, .A.; URASHIMA, A.S.; ASAYAMA, T.; LEITE, N.; PRADA, W.L.A. Controle de adultos do gorgulho do arroz pela aplicação do fungo *Beauveria bassiana* com óleo de soja, em campos irrigados. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, [S.l.], v.21, n.1, p.83-94, 1992. Disponível em: <https://anais.seb.org.br/index.php/aseb/article/download/743/739>. Acesso em: 05 mar. 2018.

MARTINS, J.F.S.; CUNHA, S.C. **Situação do sistema de controle químico do gorgulho-aquático *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima) (Coleoptera: Curculionidae) na cultura do arroz no Rio Grande do Sul.** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2007. 25p. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/745943/1_documento215.pdf. Acesso em: 05 mar. 2018.

www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/745943/1_documento215.pdf. Acesso em: 05 mar. 2018.

MARTINS, J.F.S.; ROSA, A.P.S.A.; OLIVEIRA, J.V.; LIMA, C.A.B. **Situação do controle biológico de insetos-praga da cultura do arroz na Região Sul do Brasil.** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2010. 33p. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/51927/1_documento-309.pdf. Acesso em: 05 mar.2018.

MARTINS, J.F.S.; MAGALHÃES, B.P.; LORD, J.C.; FERREIRA, E. **Efeito dos fungos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* sobre *Lissorhoptus tibialis*, gorgulho aquático do arroz.** Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1986. 7p..

MARTINS, J.F.S.; PRANDO, H.F.; HICKEL, E.R.; PAZINI, J.B. Bicheira-da-raiz do arroz. In: SALVADORI, J.R.; ÁVILA, C.J.; SILVA, M.T.B. da. (org.). **Pragas de solo no Brasil.** Passo Fundo: Aldeia Norte, 2020, p.331-261.

MASCARIN, G.M.; JARONSKI, S.T. The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, [S.l.], v. 32, p. 1-26, 2016. DOI: 10.1007/s11274-016-2131-3.

MIELITZ L.R.; SILVA, L. Ocorrência de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. em adultos de *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) (Col., Curculionidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, [S.l.], v.21, n.1, p.263-265, 1992. Disponível em: <https://www.anais.seb.org.br/index.php/aseb/article/download/762/758>. Acesso em: 05 mar. 2018.

NAKAGOME, F.K.; NOLDIN, J.A.; RESGALA JR., C. Toxicidade aguda e análise de risco de herbicidas e inseticidas utilizados na lavoura do arroz irrigado sobre o cladóceros *Daphnia magna*. **Pesticidas: Receituário Ecotoxicológico e Meio Ambiente**, [S.l.], v.16, p.93-100, 2006.

PADRÃO, G. Arroz. In: EPAGRI. **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina.** 2022-2023. Florianópolis: Epagri, 2024. p.24-31.

PRANDO, H.F. Controle da broca-do-ri-zoma (*Cosmopolites sordidus*) da banana com *Beauveria bassiana* em Santa Catarina. In: REUNIÃO INTERNACIONAL DA ASSOCIAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO NAS PESQUISAS SOBRE BANANA NO CARIBE E NA AMÉRICA TROPICAL, 17., 2006, Joinville, 2006. **Anais [...]**. Itajaí, 2006. p. 794-797.

PRANDO, H.F.; FERREIRA, R.A. Mortalidade de adultos de *Oryzophagus oryzae* com *Metarhizium anisopliae* (PI43) e *Beauveria bassiana* (BbCs). In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 4., 1994, Gramado, RS. **Anais [...]**. Pelotas, 1994. p.29.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2013.

REDAELLI, L.R.; BECKER, M.; ROMANOWSKI, H.P. Diapausa do gorgulho aquático do arroz – *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) (Coleoptera: Curculionidae). In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA SOBRE PRAGAS DE SOLO, 6., 1997, Santa Maria. **Anais e Ata [...]**. Santa Maria, 1997. p.79-82.

ROSA, A.P.A.; MARTINS, J.F.S.; NAVA, D.E.; BOTTON, M.; GARCIA, M.S.; FREITAS, T.F.S. Diagnóstico da situação das pragas de solo no estado do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA SOBRE PRAGAS DE SOLO, 13., 2013, Rondonópolis. **Anais Eletrônicos [...]**. Rondonópolis, 2013.

TOMASONI, C.M.; HEIBER, D.; HICKEL, E.R. Controle biológico do gorgulho aquático *Oryzophagus oryzae* utilizando armadilhas luminosas com *Beauveria bassiana* em lavoura de arroz irrigado. **Vértices**, [S.l.], v.20, n.2, p.180-184, 2018. DOI: 10.19180/1809-2667.v20n22018p180-184.

VEGA, F.E.; DOWD, P.F.; LACEY, L.A.; PELL, J.K.; JACKSON, D.M.; KLEIN, M.G. Dissemination of beneficial microbial agents by insects. In: LACEY, L.A.; KAYA, H.K. (eds.). **Field manual of techniques in invertebrate pathology.** Dordrecht: Springer, 2007. Cap.III-3, p.127-146.

Ponto de colheita e associação entre caracteres para rendimento de palmito em *Archontophoenix alexandrae* Wendl. & Drude

Keny Henrique Mariguele¹ e Fábio Martinho Zambonim²

Resumo – A produção de palmeira-real-australiana para obtenção de palmito constitui importante atividade socioeconômica em Santa Catarina, em especial na região do Litoral Norte Catarinense. A determinação do ponto ideal de colheita desempenha um papel fundamental na otimização da produção, mas esse aspecto ainda é pouco estudado. O objetivo deste trabalho foi estudar a relação entre o estágio da folha bandeira, a altura e o diâmetro da planta com o rendimento de palmito basal, apical e total, no momento da colheita. Palmeiras cortadas com folha abrindo obtiveram maior rendimento de tolete, quando comparadas com plantas com folha bandeira fechada, enquanto estas apresentaram maior rendimento de banda. No entanto, não houve diferença quanto ao rendimento apical (tolete + banda) ou total (basal + apical).

Termos de indexação: Palmeira-real-australiana; Folha bandeira; Correlação; Análise de trilha.

Harvest stage and association among traits for heart of palm yield in *Archontophoenix alexandrae* Wendl. & Drude.

Abstract – The production of Australian king palm for obtaining palm hearts is an important socio-economic activity in Santa Catarina, especially in the Northern Coastal region of the State. Determining the optimal harvest point is fundamental to optimizing the palm heart yield of this species; however, studies on this issue are still scarce. The objective of this work was to study the relationship, at the time of harvesting, between the developmental stage of the youngest leaf, also known as the flag leaf or candle, and the association between the plant's height and diameter with the yield of basal, apical, and total palm heart. It was observed that the stage of opening the flag leaf influenced the yield of the "tolete". Palms harvested with an opening flag leaf yielded more "tolete" as compared to palms with a closed flag leaf, which, in turn, produced more "band". However, there was no difference in apical palm heart yield (tolete + band) or total palm heart yield (basal + apical).

Index terms: King palm; Flag leaf; Correlation; Path analysis.

Introdução

As principais palmeiras cultivadas para a produção de palmito no sul do Brasil são *Bactris gasipaes* Kunth (Pupunha), *Archontophoenix* sp. (Palmeira-real-australiana) e *Euterpe edulis* Martius (Juçara) (Santos *et al.*, 2008). Fatores como aptidão edafoclimática, precocidade, palatabilidade, coloração, rendimento e facilidade de extração do palmito determinam a escolha de uma espécie em relação à outra. O plantio de palmeiras para a produção de palmito é uma atividade importante para o estado de Santa Catarina, pois envolve 51 viveiristas de mudas, 63 agroindústrias, 1.631 famílias de agricultores e, segundo IBGE (2023), 5.498 hectares de cultivo.

A palmeira-real-australiana foi introduzida no Brasil na década de 1970 como planta ornamental, mas ganhou atenção dos produtores de palmito por re-

presentar, segundo Santos *et al.* (2003), importante alternativa agroecológica para diversificação e fonte de renda para sistemas de produção em várias regiões brasileiras. No estado de Santa Catarina, essa palmeira vem sendo cultivada desde 1995 para produção de palmito em conserva. Além disso, nesse Estado têm-se intensificado os estudos com essa palmeira como forma alternativa para diminuir o impacto de exploração da palmeira juçara, planta nativa da Mata Atlântica brasileira.

O rendimento total de palmito de uma palmeira, segundo Clement e Bovi (2000), é formado pela soma de três produtos com importância comercial: o basal, que é comercializado como picado; o tolete, considerado o produto de maior valor comercial, com 9cm de comprimento e envolto pela bainha foliar; e a banda, que é a porção ainda macia acima do tolete, mas não envolta na bainha foliar

(Figura 1).

Apesar de o ponto de colheita influenciar diretamente na produtividade, na qualidade e no custo de produção, são escassas as informações na literatura sobre o ponto ideal para a colheita da palmeira-real-australiana. Bovi *et al.* (2001) afirmam que a melhor produtividade de palmito de palmeira-real-australiana, no menor período de cultivo, é obtida quando a planta atinge a altura entre 2,0 e 3,0 metros de altura (distância medida do nível do solo até o ponto de inserção da folha mais jovem no estipe). No entanto, os autores recomendam o corte das palmeiras entre 0,80 e 1,15m de altura, uma vez que os diâmetros do tolete obtidos nessas condições (entre 2,0 e 2,5cm) são considerados mais adequados para o processamento (cocção e acidificação) e comercialização em embalagens de 300g drenados (Berbari e Paschoalino, 1997). Belletini *et al.* (2008) indicam que a co-

Recebido em 16/10/2024. Aceito para publicação em 27/03/2024.

Editor de seção: Virgílio Gavicho Uarrita- Universidad de O'Higgins

¹ Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Estação Experimental de Itajaí, Rodovia Antônio Heil, 6800, km 6, Itaipava, 88318-112, Itajaí, SC, e-mail: kenymariguele@epagri.sc.gov.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5344-2302>

² Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. Rodovia Admar Gonzaga, 1347, Itacorubi, 88034-901, Florianópolis, SC, e-mail: zambonim@epagri.sc.gov.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5046-3589>

DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v38i1.1944>

lheita da palmeira-real-australiana inicia-se a partir de 3,5 anos após o plantio ou com altura da planta entre 1,70 e 1,80m, medida do nível do solo até a inserção da folha bandeira. Em Santa Catarina, de forma geral, utiliza-se como referência para identificação do ponto de colheita, a presença de três anéis no estipe da planta (cicatrices de inserção das folhas), ou altura aproximada de 1,70m, medida do nível do solo ao ponto de intersecção da folha mais jovem (folha flecha) nas bainhas foliares envoltivas (coroa foliar) (Figura 2).

São escassos também registros sobre a relação entre o estágio de desenvolvimento da folha mais jovem e o rendimento de palmito de palmeira-real-australiana, embora alguns produtores catarinenses também observem esse indicador para a seleção das plantas a serem abatidas. Uzzo *et al.* (2004) observaram que o comprimento da folha bandeira pode ser importante critério para o estabelecimento do ponto adequado de colheita visando ao maior rendimento econômico dos cultivos.

Enquanto o tolete é a parte nobre do palmito (Figura 1) e contribui para o aumento do lucro do produtor e maior valor para o consumidor, a banda, que é a parte acima do tolete, proporciona um menor valor, que é adicionado aos vidros pela indústria juntamente com o picado, ainda que este seja mais fibroso. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi estudar a relação, no momento da colheita, entre o estágio de desenvolvimento da folha mais jovem, também conhecida como folha bandeira ou vela, e a correlação entre altura e diâmetro da planta com o rendimento de palmito basal, apical e total.

Material e métodos

Em 2016, foram implantadas duas unidades de acompanhamento com mudas provenientes do Pomar de Produção de Sementes de palmeira-real-australiana da Epagri/EEI. Na Área I, foram plantadas 2.430 mudas no espaçamento de 0,6 x 1,5m na Epagri/Estação Experimental de Itajaí, SC. Enquanto na Área II foram plantadas 840 mudas no espaçamento de 0,4 x 1,7m, em propriedade particular no município de Luiz Alves, SC. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima nas duas áreas de estudo é Cfa,

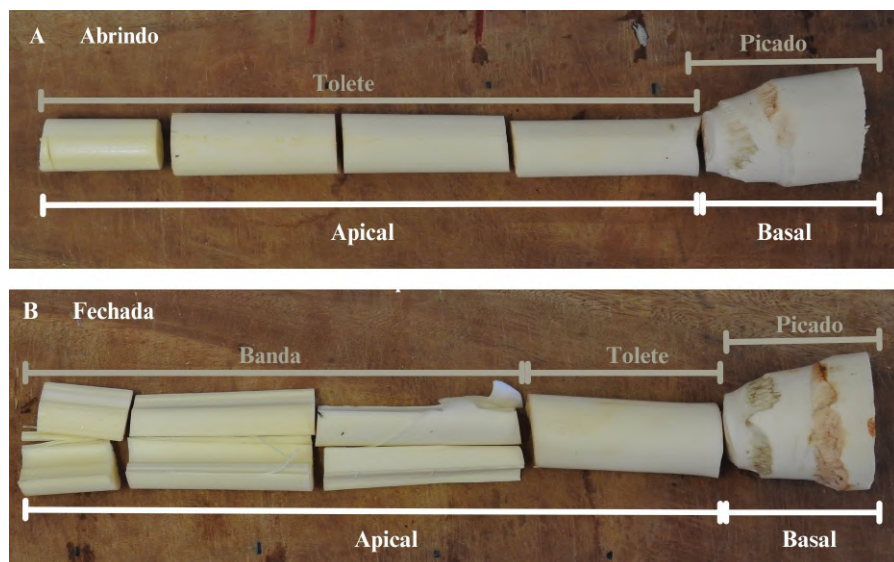


Figura 1. Partes do palmito de acordo com seus subprodutos

Foto: Keny Henrique Mariguele

Figure 1. Parts of the heart of palm according to its by-products

Photo: Keny Henrique Mariguele

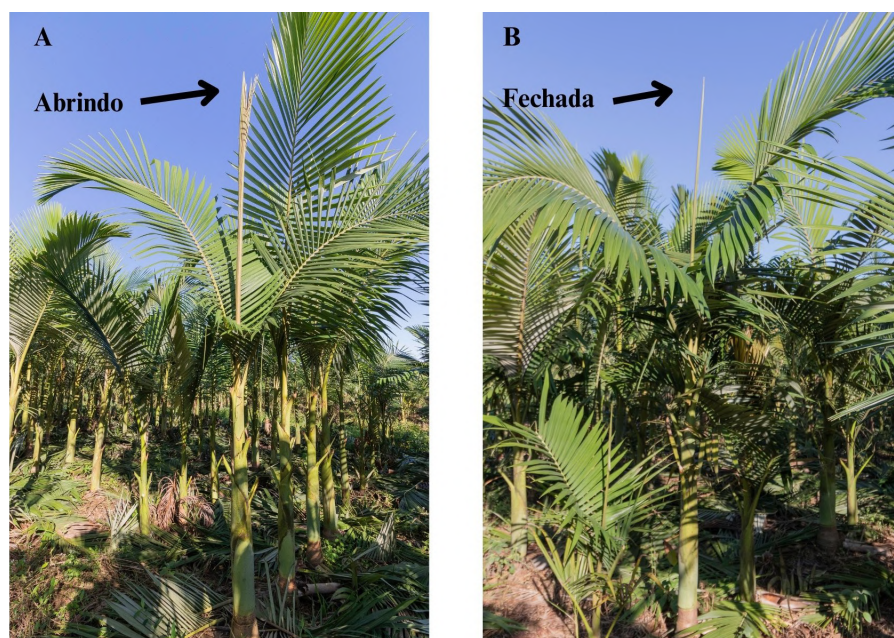


Figura 2. Estádio de desenvolvimento da folha bandeira (abrindo e fechada)

Foto: Keny Henrique Mariguele

Figure 2. Flag leaf development stage (opening and closing)

Photo: Keny Henrique Mariguele

ou seja, clima subtropical constantemente úmido, sem estação seca, com verão quente (temperatura média do mês mais quente > 22°C). A temperatura média anual varia de 19,1 a 20,0°C. A temperatura média das máximas varia de 26,0 a 27,6°C e a média das mínimas de 15,4 a 16,8°C. A precipitação pluviométrica total anual (valores normais) pode variar de 1.430 a 1.908mm. A umidade rela-

tiva do ar pode variar de 84,2 a 87,2%. A ocorrência de geadas é relativamente rara, com valores máximos normais de 2,8 ocorrências por ano (Thomé *et al.*, 1999). O solo na Área I é classificado como Neossolo Flúvico e na Área II como Cambissolo Háplico. Em ambos os locais, os ensaios foram conduzidos em solo com relevo plano. O manejo nutricional foi baseado na análise de solo seguindo

as recomendações da CQFS-RS/SC (2016) para a cultura.

Aos 30 e 36 meses, respectivamente, nas Áreas I e II, mensurou-se a altura da planta, medida do nível do solo até a inserção da folha mais jovem, além do diâmetro do estipe, medido na parte mais larga da bainha das folhas. As palmeiras com altura igual ou superior a 1,70m foram classificadas quanto ao estágio de desenvolvimento da folha mais jovem – aberta ou fechada (Figura 2) –, e avaliadas quanto às variáveis: rendimentos de palmito basal, tolete, banda, apical (tolete + banda) e total (basal + apical) (Figura 1).

Os dados coletados foram submetidos à análise estatística usando o software R (R CORE TEAM, 2024) a partir dos pacotes: ggplot2 (Wicklam, 2016) para gerar os Box Plots, ggsignif (Ahlmann-Eltze; Patil, 2021) para aplicar o teste t ($p < 0,05$) e o metan (Olivoto; Lúcio, 2020) para obtenção das estimativas de correlação de Pearson e os efeitos diretos e indiretos da Análise de Trilha.

Resultados e discussão

Nas duas avaliações, um total de 2.049 indivíduos foi colhido: 1.583 e 466, respectivamente, nas Áreas I e II. Quanto ao número total de plantas com a folha bandeira fechada e abrindo, foram analisadas 1.260 e 789 plantas, respectivamente. Neste estudo, identificou-se um percentual de 65 e 55% das plantas aptas ao abate (altura igual ou superior a 1,70m de altura), respectivamente nas Áreas I e II (Tabela 1).

A alta heterogeneidade no estande de lavouras de palmeira-real-australiana pode ser atribuída a fatores genéticos (pois ainda não existem populações melhoradas geneticamente) e a fatores ambientais. Em experimento com densidade de 6.666 plantas ha^{-1} , realizado em clima tropical quente e úmido, Bovi *et al.* (2001) identificaram o percentual de 11,51% de plantas com altura superior a 1,70 metros aos 30 meses e 48,5% aos 36 meses. Em condições de cultivo comercial, a colheita da palmeira-real-australiana é escalonada e, dependendo das características da área de cultivo, das práticas culturais adotadas e do material genético do pomar, a colheita inicia-se em torno dos 2,5 anos, e estende-se até, aproximadamente, 4 ou 5 anos.

Tabela 1. Número de indivíduos de palmeira-real-australiana colhidos com folha bandeira fechada e abrindo nas duas avaliações. Área I em Itajaí, SC, e II em Luiz Alves, SC
Table 1. Number of Australian king palm individuals collected with closed and opening flag leaves in both evaluations. Area I in Itajaí, SC, and II in Luiz Alves, SC

Estádio da Folha bandeira	Área I (2340 plantas – 30 meses)*	Área II (840 plantas – 36 meses)	Total
-----nº de plantas-----			
Fechada	975	285	1260
Abrindo	608	181	789
Total	1583**	466	2049
% de plantas no ponto de colheita**	65%	55%	

*Número de plantas e idade na colheita. **Palmeiras com altura igual ou superior a 1,70 m, medida do nível do solo ao ponto de inserção da folha mais jovem (folha bandeira), que foram colhidas.
**Number of plants and age at harvest. **Palm trees with a height equal to or greater than 1.70 m, measured from ground level to the insertion point of the youngest leaf (flag leaf), which were harvested.*

O rendimento médio de palmito total obtido nas Áreas I e II foi, respectivamente, de 540 e 422g $planta^{-1}$. Em estudo semelhante, Bovi *et al.* (2001) estimaram, por meio de modelagem, o rendimento aos 40 meses após o plantio, entre 750,0g $planta^{-1}$ (47% palmito apical e 53% basal) a 1.110,0g $planta^{-1}$ (61% apical e 39% basal). Os autores estimaram o rendimento, entre 24 e 30 meses após o plantio, em valores que variam de 90 a 138g $planta^{-1}$ de palmito apical e de 134 a 223g $planta^{-1}$ de palmito basal. Zambonim *et al.* (2016), em experimento realizado no município de Blumenau, SC, obtiveram um rendimento médio de 508g $planta^{-1}$ em colheita aos 27 meses após o plantio.

Não houve diferença estatística, entre as duas áreas estudadas, para as sete características morfológicas das plantas (Figura 3). Também o ponto de abertura da folha bandeira (abrindo ou fechada) não diferiu em relação à altura de planta (Figura 3A), diâmetro do estipe (Figura 3B) e rendimento basal (Figura 3C). A parte basal é usada na indústria para obtenção do produto picado (Figura 2).

Por outro lado, foi verificada diferença estatística significativa para o rendimento de tolete e de banda (Figura 3D e 3E, respectivamente) entre plantas que apresentavam a folha bandeira fechada ou abrindo em cada um das áreas.

Com base nos resultados, pode-se afirmar que o rendimento de tolete é maior quando as plantas são colhidas com a folha bandeira abrindo, em comparação com as plantas colhidas com folha bandeira fechada (Figura 3D). Diferente-

mente do observado em relação ao rendimento de banda, plantas colhidas com folha bandeira abrindo apresentaram menor rendimento de tolete (Figura 3E). Portanto, o estágio de desenvolvimento da folha bandeira, no momento da colheita, determina o rendimento de banda e de tolete, mas não impacta nem o rendimento de palmito apical (Figura 3F) nem o rendimento de palmito total (Figura 3G). Esses resultados corroboram os resultados obtidos por Modolo *et al.* (2020) em estudo realizado com a pupunheira.

Quanto à associação entre as variáveis estudadas, cinco das dez correlações foram estatisticamente significativas, cujos valores variaram de 0,54 a 0,86 para rendimento de palmito apical/altura de planta e rendimento de palmito total/rendimento de palmito basal, respectivamente (Figura 4). O rendimento de palmito total apresentou correlação mais alta com o diâmetro da planta (0,61) do que com a altura da planta, esta não significativa (Figura 4). Essas informações diferem daquelas relatadas por Uzzo *et al.* (2002), que encontraram correlações em torno de 0,84 para ambos os parâmetros. De modo semelhante, o diâmetro da planta (0,70) também apresentou valor maior do que a altura de planta (0,54), quando considerada a variável rendimento de palmito apical (Figura 2), sendo esses valores semelhantes aos obtidos por Flori *et al.* (2001).

Ao estudar correlações entre altura de plantas, diâmetro do estipe e rendimento de palmito, Ramos (2005) concluiu que o diâmetro do estipe é a vari-

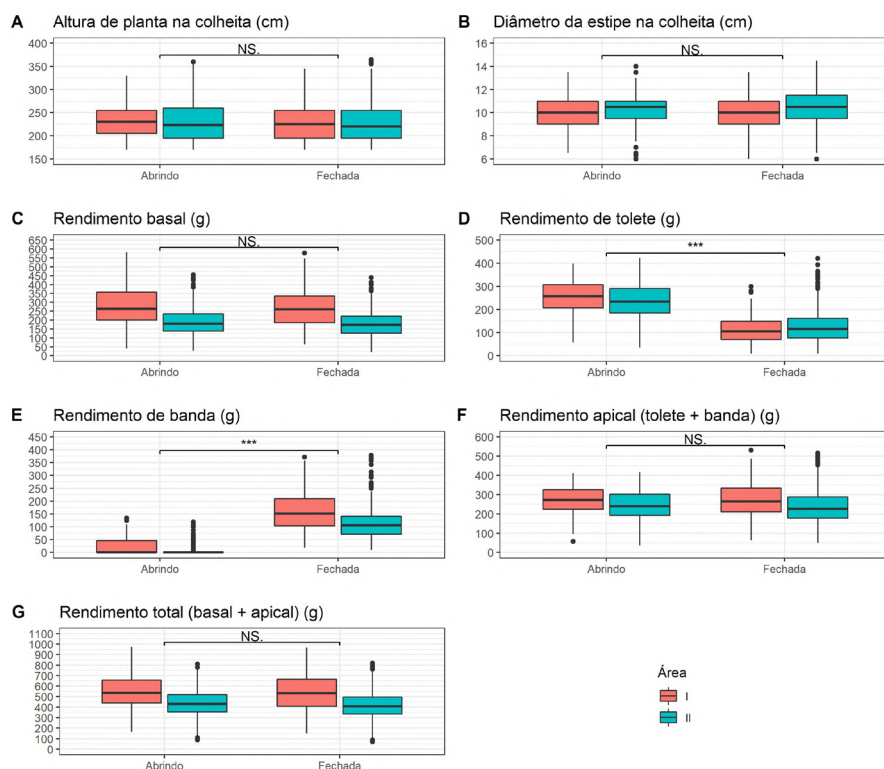


Figura 3. Características fenotípicas e rendimento de palmito de palmeira-real-australiana em duas áreas de estudo, para diferentes estádios de desenvolvimento da folha bandeira (abrindo e fechada). Comparação estatística usando o test t ($p < 0,05$)

Figure 3. Phenotypic characteristics and yield of Australian king palm hearts in two study areas, for different stages of flag leaf development (opening and closed). Statistical comparison using the t-test ($p < 0.05$)

ável independente que melhor se ajusta à regressão linear para estimar o rendimento de palmito. O resultado é corroborado por Modolo *et al.* (2020) em estudo com pupunheira, que concluiu que o diâmetro da planta apresenta alta correlação com a produção total de palmito e deveria, portanto, ser usado na definição do momento da colheita.

Quanto às estimativas dos efeitos diretos e indiretos sobre rendimento total, pela análise de trilha, os diretos foram semelhantes para rendimento apical (0,572) e rendimento basal (0,609) (Figura 5). Por outro lado, o efeito indireto mais importante foi do diâmetro da planta via rendimento apical (0,401) (Figura 5). De acordo com Uzzo *et al.* (2004), a variável altura de planta apresentou maior efeito direto com o rendimento total, quando comparado com o diâmetro da planta. Entretanto, há que se considerar que os autores selecionaram plantas aleatoriamente para a avaliação, desconhecendo o critério de colher plantas com pelo menos 1,70m, adotado neste estudo (manejo tradicionalmente usado pelos produtores).

Conclusão

- O estágio de abertura da folha bandeira influencia no rendimento de tolete;
- Plantas colhidas com folha bandeira abrindo apresentam maior rendimento de tolete;
- Plantas colhidas com folha bandeira fechada apresentam maior rendimento de banda;
- Não foi verificada influência do estágio de desenvolvimento da folha bandeira no rendimento apical (soma de tolete e banda) e nem total (soma de basal e apical).
- Para um maior retorno econômico pelo produtor, recomenda-se a colheita de plantas com maiores diâmetros e com a folha bandeira abrindo no momento do abate.

Contribuição dos autores

Keny Henrique Mariguele: Investigação, Curadoria de dados, Análise formal, Visualização, Escrita – primeira redação; Fábio Martinho Zambonim: Conceituação, Administração do projeto, Supervisão, Escrita – revisão e edição.

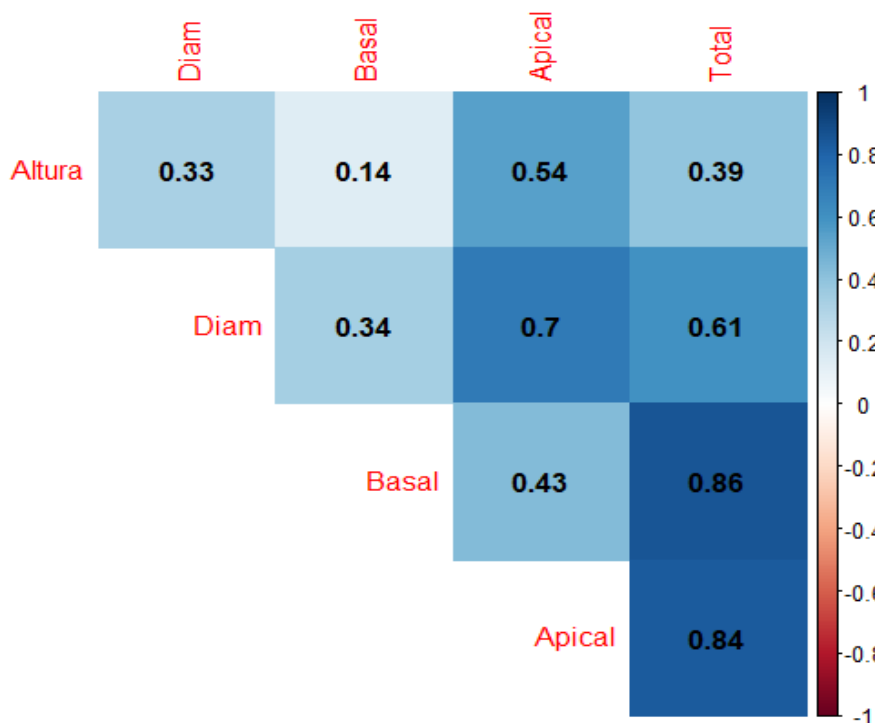


Figura 4. Correlação de Pearson entre cinco variáveis em palmeira-real-australiana ($n = 2049$ indivíduos)

Figure 4. Pearson correlation between five variables in Australian king palm ($n = 2049$ individuals)

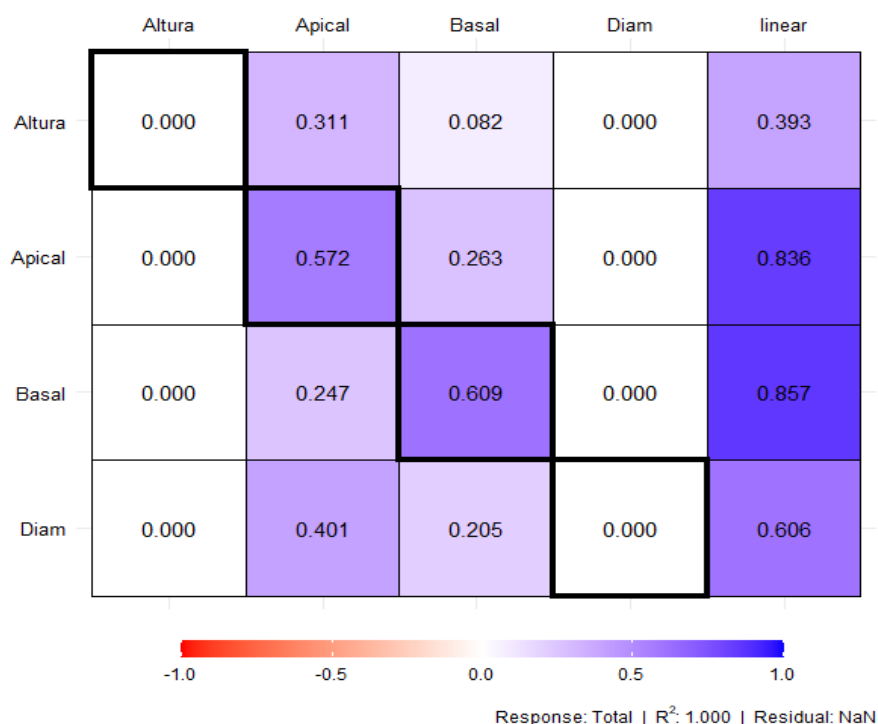


Figura 5. Estimativas dos efeitos diretos (na diagonal principal) e efeitos indiretos (nas diagonais superior e inferior) das variáveis independentes sobre o rendimento de Palmito total em palmeira-real-australiana

Figure 5. Estimates of the direct effects (on the main diagonal) and indirect effects (on the upper and lower diagonals) of the independent variables on the total yield of Palm Heart in Australian king palm

Conflitos de interesse

Declaramos para os devidos fins que este estudo não possui nenhuma forma ou tipo de conflito de interesse.

Dados de pesquisa

Dados estão disponibilizados no repositório de dados Zenodo (<https://doi.org/10.5281/zenodo.15126607>).

Agradecimento

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (Fapesc) pelo suporte financeiro.

Referências

AHLMANN-ELTZE, C.; PATIT, I. **ggsignif: R package for displaying significance brackets for 'ggplot2'**. PsyArxiv, 2021.

BERBARI, S.A.G.; PASCHOALINO, J.E. **Industrialização do palmito pupunha**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1997. 45 p. (Manual Técnico 15).

BOVI, M.L.A.; SAES, L.A.; UZZO, R.R.; SPIERING, S.H. Adequate timing for heart-of-palm harvesting in King palm. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, n. 2, p.135-139, junho 2001.

CLEMENT, C.R., BOVI, M.L.A. Padronização de medidas de crescimento e produção em experimentos com pupunheira para palmito. **Acta Amazonica**. v.30, n.3, p.349-362, 2000.

CQFS. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina** Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC. Passo Fundo. 2016. 376p.

FLORI, J.E.; RESENDE, G.M.; DRUMOND, M.A. Rendimento do palmito de pupunha em função da densidade de plantio, diâmetro de corte e manejo dos perfilhos, no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, v.19, n.2, p.140-143, 2001.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. Acesso em: 06 jan. 2025.

MODELO, V.A.; FERREIRA, L. do N.; SPIERING, S.H.; ERISMANN, N.M.M. Folha flecha na determinação do ponto de colheita de pupunha. **Horticultura Brasileira**, v.38, n.4, p.356-362, 2020.

RAMOS, M.G. Prognóstico da produção de palmito em palmeira-real-da-austrália por medições e cálculos. In: ENCONTRO NACIONAL DE PRODUTORES DE PALMITO DE PALMEIRA-REAL, 3º., 2005. **Anais [...]** Florianópolis, Abrapalmer; Epagri, 2005. p.89-90.

SANTOS, A.F.; BEZERRA, J.L.; TESSMANN, D.J.; POLTRONIERI, L.S. Ocorrência de *Curvularia senegalensis* em pupunha e palmeira real no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, n.2, 2003.

SANTOS, A.F.; TESSMANN, D.J.; VIDA, J.B. Doenças das Palmeiras para Palmito. In: SANTOS, A.F.; CORRÊA JUNIOR, C.; NEVES, E.J.M. (Ed). **Palmeiras para Produção de Palmito**: juçara, pupunheira e palmeira. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p.105-120.

THOMÉ, V.M.R. **Zoneamento agroecológico e socioeconômico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri/Ciaram, 1999. 1015 p.

UZZO, R.P.; BOVI, M.L.A.; SPIERING, S.H.; SAES, L.A. Correlação fenotípica entre caracteres vegetativos e de produção de palmito da palmeira real australiana. **Scientia Agricola**. v.52, n.3, p.505-511. 2002.

UZZO, R.P.; BOVI, M.L.A.; SPIERING, S.H.; SAES, L.A. Coeficiente de encaminhamento entre caracteres vegetativos e de produção de palmito da palmeira real australiana. **Horticultura Brasileira**. v.22, n.1, p.136-142, 2004.

WICKLAM, H. **ggplot2: elegante graphics for data analysis**. Springer-Verlag New York, 2016.

ZAMBONIM, F.M.; MARIGUELE, K.H.; SCHVEITZER, B.; SHIMDT, F.; LONE, A.B. Rendimento e exportação de nutrientes pela colheita de palmito de palmeira real australiana em sistema orgânico e convencional de produção. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 11º., 2016. **Anais [...]** Frederico Westphalen, SBCS. 2016.

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

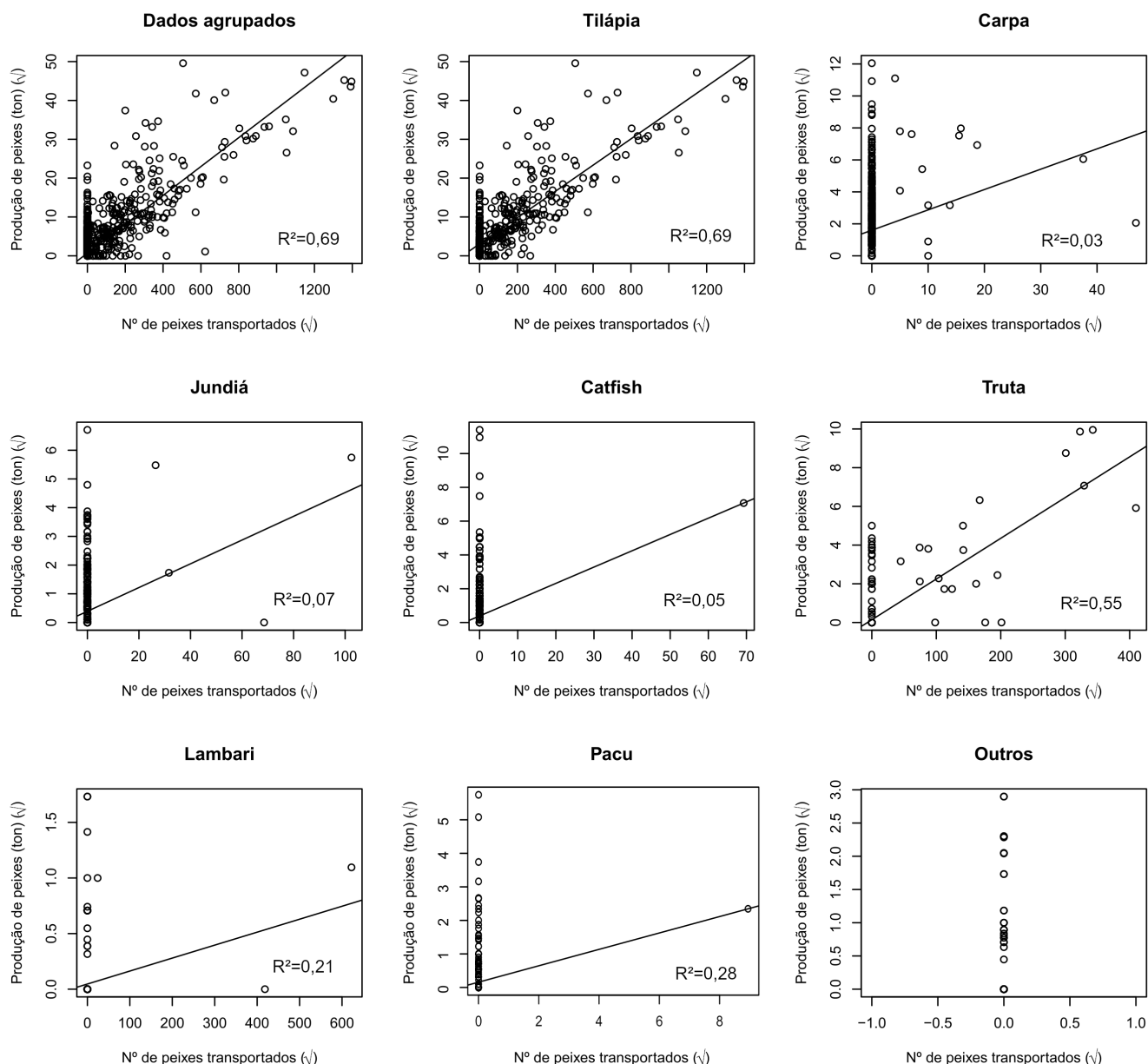


Figura 1. Correlações entre número de peixes transportados para abate de acordo com as GTAs e as estimativas de produção de peixes dos municípios catarinenses feitas pela Epagri. As linhas representam modelos de regressão para as análises em que correlações significativas ($p < 0.05$) foram detectadas. 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

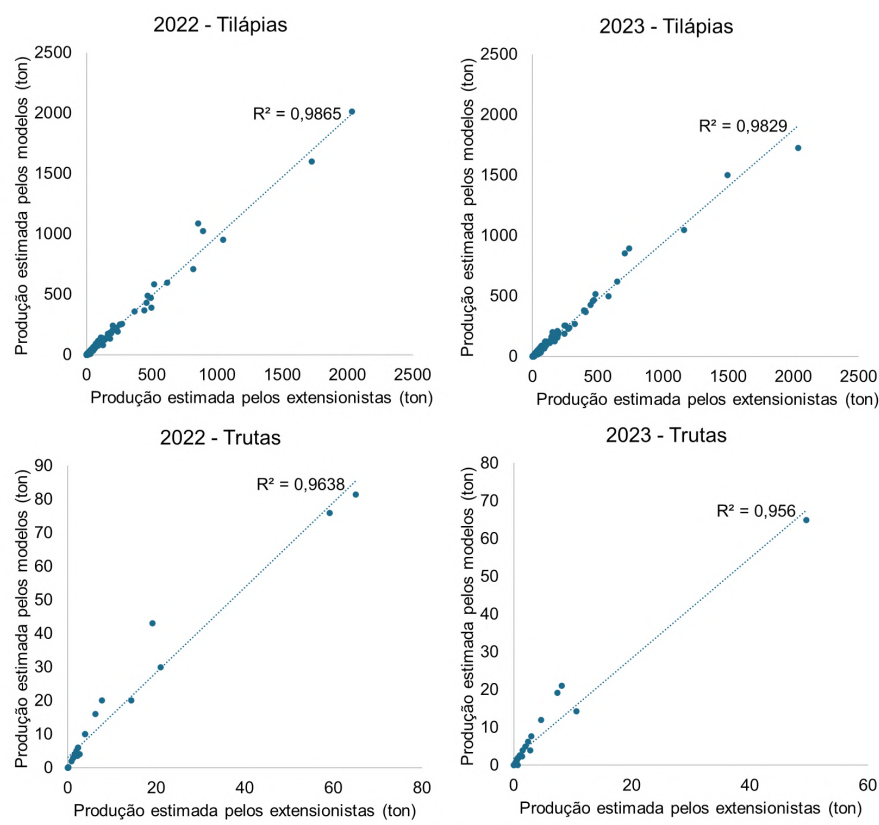


Figura 2. Correlações entre as estimativas de produção de peixes feitas pelos extensionistas da Epagri e as estimativas feitas por modelos matemáticos gerados no presente estudo para tilápias e para trutas para os anos de 2022 e 2023

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 (Otwinska-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.

Os números da agropecuária catarinense estão todos em um só lugar



INFOAGRO

- Produção agropecuária vegetal e animal
- Preços de produtos agrícolas e de terras
- Importações e exportações do agronegócio
- Políticas públicas

Acesse pelo computador, tablet ou celular:

www.infoagro.sc.gov.br



Pastagem exuberante na região de Lages

Foto: Aires C. Mariga