

# Agropecuária Catarinense



ISSN 0103-0779 (impresa)  
ISSN 2525-6076 (on-line)  
DOI 10.52945/rac  
Vol. 37, nº 2, maio/ago. 2024



## A depuração de moluscos bivalves

Teores de bário no solo  
de regiões catarinenses

Impacto do plantio direto sob  
características do solo

Trabalhos de manejo  
de pastagens

# 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 e Pecuária**  
Valdir Colatto

**Presidente da Epagri**  
Dirceu Leite

#### Diretores

Célio Haverroth  
Desenvolvimento Institucional

Fabírcia Hoffmann Maria  
Administração e Finanças

Gustavo Gimi Santos Claudino  
Extensão Rural e Pecuária

Reney Dorow  
Ciência, Tecnologia e Inovação



#### Comitê de Publicações/Publication Committee

Alexandre C. M. Netto, Dr., Epagri/EEV  
Ana L. Hanisch, Epagri, Dra., Epagri/EEC  
Bruno C. da Silva, Dr., CEP/Camboriú  
Cristiano J. Arioli, Dr., Epagri/EESJ  
Cristiano Nunes Nesi, Dr., Cepaf  
Fabia Tonini, Epagri/DERP  
Fabiana Schmidt, Dra., EECN  
Fábio S. Higashikawa, Dr., EEI  
Gilson J. M. Gallotti, M.Sc., Epagri/EEC  
Henrique B. Petry, Dr., EEU  
João P. P. Gardin, Dr., EEV  
José C. Gelsleuster, bibliotecário  
Júlio C. Ramos, Dr., Epagri/EECN  
Leandro Hahn, Dr., Epagri/EECD  
Léo T. Kroth, Dr., Cepa  
Leonardo Araújo, Dr., Epagri/EESJ  
Lucia M. Kinceler, Dra., Epagri/DEMC (Presidente)  
Luiz A. M. Peruch, Dr., Epagri/DEMC  
Luiz F. Vianna, Dr., Epagri/Ciram  
Marcelo A. de Sá, Cepa  
Marcelo M. de Haro, Dr., Epagri/EEI  
Márcia C. Varaschin, M.Sc., Epagri/DEMC  
Maria C. C. R. da Silva, Dra., Cepaf  
Marlise N. Ciotta, Dra., Epagri/EEL  
Mauro F. B. Junior, Dr., Epagri/EEU  
Murilo D. Costa, Dr., Epagri/EEL  
Natália da C. Marchiori, Dra., Cepaf  
Paulo S. Tagliari, M.Sc., Epagri/DEMC  
Rodolfo V. Castilhos, Dr., Cepaf  
Rosana Kokuszka, M.Sc., Epagri/DEMC  
Rose M. Gerber, Dra., Epagri/DERP

#### 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. – UFPA – Lavras, MG  
Roberto Hauagge, Dr. – Iapar – Londrina, PR  
Sami Jorge Michereff, Dr. – UFCA – Crato, CE

#### Colaboraram como revisores técnico-científicos nesta edição

Alessandra Benatto  
Álvaro Luiz Mafra  
Carlos Campos  
Clístenes Antônio Guadagnin  
David Germano Gonçalves Schwarz  
Diego Azevedo Mota  
Doris Sobral Marques Souza  
Eduardo Saldanha  
Evandro Spagnollo  
Fabio Cervo Garagorry  
Fernando Pereira Monteiro  
Fernando Sanchez

Flávio Cardoso Montes  
Jefferson Araújo Flaresso  
João Henrique Vieira de Almeida Junior  
Jonas Motta  
Jonatas Thiago Piva  
José Luiz Petri  
Kelen Cristina Basso  
Lucas de Souza Quevedo  
Marco Shizu Owatari  
Marcos Caivano Pedroso de  
Albuquerque  
Marianne Araújo Soares

#### 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, UFSP  
Dr. Haroldo T. Elias, Epagri/Cepal  
Dr. João F. M. dos Passos, Epagri/EEI  
Dr. João Guzanski, Epagri/Cedap  
Dr. Joatan M. da Rosa, UFPR  
Dr. Juracy C. Lins Junior, Epagri/EECD  
Dr. Keny H. Mariguelo, 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 Sonogo, 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/EEI  
Dr. Rafael R. Sabião, Epagri/Cepaf  
Dra. Renata S. Resende, Epagri/EEI  
Dr. Rogerio Luiz Backes, UFSP  
Dr. Tiago C. Baldissera, Epagri/EEI  
Dr. Ubirajara M. da Costa, Udesc  
D.Sc. Vinicius Caliani, Epagri/EEV  
Dr. Luis Cessar Cassol, UTPP  
Dr. Virgílio G. Uarrota, Universidad de O'Higgins, Chile  
Dra. Vanessa Ruiz Fávoro, Epagri/EEI  
Dra. Yrlândia de Lira Guerra, UFRPE

Mario Angelo Vidor  
Mario Celso Sperotto Brum  
Marlise Nara Ciotta  
Matias Guilherme Boll  
Mauro Ferreira Bonfim Jr.  
Paulo Antonio de Souza Gonçalves  
Pedro Valério Dutra Moraes  
Rodolfo Vargas Castilhos  
Rubens Candido Zimmermann  
Ulisses de Arruda Córdova  
Vamilson Prudencio da Silva Junior  
Vanessa Moresco  
Wanessa Scopel

# Sumário

<b>Cultivares Epagri de mandioquinha-salsa: da avaliação participativa à adoção e impactos à cadeia produtiva .....</b>	<b>5</b>
Eduardo da Costa Nunes, Marcelo Zanella, Carlos Alberto Koerich e Darlan Rodrigo Marchesi	
<b>Validação de unidades depuradoras de média escala em termos de redução das contagens de <i>E. coli</i> e de sobrevivência pós-depuração das ostras <i>Crassostrea gigas</i> .....</b>	<b>9</b>
Felipe Matarazzo Suplicy, Robson Ventura de Souza, Érica Carobrêz, Giustino Tribuzi e Marília Miotto	
<b>Resíduos de agrotóxicos em alimentos <i>in natura</i> no Oeste de Santa Catarina, Brasil .....</b>	<b>13</b>
João Guilherme Leite, Dheicy Luana Gomes Correia e Diogo Antonio Deoti	
<b>The potential for carbon dioxide sequestration in the biomass of the seaweed <i>Kappaphycus alvarezii</i> in the marine farms of Santa Catarina .....</b>	<b>16</b>
Alex Alves dos Santos, Luis Hamilton Pospissil Garbossa	
<b>Potencial produtivo e qualidade de frutos do cultivar de macieira ‘SCS1605 Serrana’ conduzida sobre diferentes porta-enxertos .....</b>	<b>19</b>
Mariuccia Schlichting De Martin, Alberto Fontanella Brighenti, Felipe Augusto Moretti Ferreira Pinto, Leonardo Araujo, Marcelo Couto e Cristiano João Arioli	
<b>Tolerância à geadas de forrageiras perenes estivais na Região Sul do Brasil .....</b>	<b>23</b>
Cleverson Antonio Sbruzzi, Gustavo Krahl e Daniel Augusto Barreta	
<b>Utilização estratégica de herbicida em pastagem de Tifton 85 .....</b>	<b>26</b>
Bruno Gustavo Zilli Zardo, Gustavo Krahl e Daniel Augusto Barreta	
<b>Febre catarral maligna em bovino leiteiro no Oeste Catarinense, Brasil .....</b>	<b>29</b>
Simone Silveira, Franciéli A. Molossi, Cláudia Balzan, Maristela D. Maba, Leticia F. Baumbach, Maysa B. Chitolina, Cláudio W. Canal e Giovana Camillo	
<b>Determination of phenological stage and nitrogen application dose in linseed crops .....</b>	<b>32</b>
João Pedro Dalla Roza, Ivan Ricardo Carvalho, Leonardo Cesar Pradebon, Murilo Vieira Loro, Jaqueline Piesanti Sangiovo, José Antonio Gonzalez da Silva and Caroline Huth	
<b>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.....</b>	<b>38</b>
André Julio do Amaral, José Eloir Denardin, Anderson Santi, Vanderlise Giongo e Fabrício Jardim Hennigen	
<b>Caracterização dos teores naturais de bário em diferentes solos no estado de Santa Catarina .....</b>	<b>45</b>
Daniely Neckel Rosini, Caroline Aparecida Matias, Betel Cavalcante Lopes, Beatriz Rodrigues Muniz, Fabiele Arruda Delfino, Letícia Visentin Borges e Mari Lucia Campos	
<b>Capture of thrips in semi-hydroponic strawberry cultivation using Moericke traps with different tones of blue .....</b>	<b>52</b>
Janaína Pereira dos Santos, Juracy Caldeira Lins Junior, Anderson Fernando Wamser and Adriano Cavalleri	
<b>The challenge of reducing the fecal indicator bacteria load and preventing spawning during depuration of <i>Perna perna</i> mussels .....</b>	<b>56</b>
Felipe Matarazzo Suplicy, Robson Ventura de Souza, Elisama Rosa, Giustino Tribuzi and Marília Miotto	
<b>Flutuação populacional do cascudo-amarelo, <i>Geniates barbatus</i> Kirby (Coleoptera: Scarabaeidae), em pomar de goiabeira .....</b>	<b>62</b>
Eduardo Rodrigues Hickel e Marcelo Mendes de Haro	

Indexadores/repositórios: Agrobases (Mapa); Agris (FAO); Diadorim (Ibict); CAB internacional; DOAJ; FSTA, PKP Index; Periódicos da Capes; Revistas de Livre Acesso (CENEN); 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 Tomaz Alves

**EDITORES TÉCNICOS:** 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 (português) e Tikinet (inglês)

**FOTO DA CAPA:** Felipe Suplicy

**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

Santa Catarina ocupa um lugar de destaque em produção agropecuária no país. O Estado é destaque na produção de carne suína, maçã, cebola, etc. Mas não é só na terra que a produção catarinense se destaca: fazemos bonito também no mar. A produção catarinense de mariscos e mexilhões é a maior do país, mas essa liderança não vem do nada.

As atividades de pesquisa e extensão voltadas à maricultura já são desenvolvidas há um bom tempo no Estado, gerando conhecimento e tecnologias para a produção marinha. Instituições como a Epagri, a UFSC e Univali são exemplos que trabalham no desenvolvimento de P&D com contribuições para a cadeia produtiva.

Santa Catarina é referência na produção de moluscos bivalves e conta com a Cidasc para monitorar os níveis de coliformes fecais no Estado. Os produtores catarinenses sabem que é fundamental fazer a depuração dos moluscos antes de colocar o produto para o consumo. Esta edição mostra como são os trabalhos com depuração de moluscos bivalves– como é feita a “limpeza” de mexilhões e ostras no Estado.

Além disso, a RAC aborda diversos outros tópicos importantes para a agricultura e a pecuária, incluindo trabalhos com solos e manejo de pastagens. Dois estudos avaliaram características dos solos: um que caracteriza a quantidade de bário em duas regiões catarinenses, outro que avalia o impacto do plantio direto em lavouras no Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Em outro tema abordado nessa edição destaca-se o manejo de pastagens. No primeiro trabalho avaliaram-se a tolerância à geada em forrageiras estivais com destaque para a missioneira-gigante, o cultivar Prima e Tifton 85 por apresentarem maior tolerância ao frio. Em outro trabalho abordou-se a utilização de herbicida para facilitar a renovação da pastagem, concluindo que doses adequadas de glifosato podem auxiliar nesse processo sem comprometer a pastagem.

Ainda são assuntos nessa edição da revista os trabalhos com entomologia abordando o uso de armadilhas para captura de tripses em morango e a flutuação do cascudo-amarelo em goiabeira. A notificação de um caso de febre catarral em bovinos e dados sobre a detecção de agrotóxicos em alimentos em Santa Catarina são outros assuntos importantes.

Não deixe de ler a revista Agropecuária Catarinense.

A ciência não pode parar!

*Science cannot stop!*



**Manual do programa para recomendação de adubação da cultura do maracujazeiro: AdubaMaracujá 1.0. (Impresso/On-line) – 2024 52p. BT 211**

O manual do software Aduba-Maracujá 1.0, desenvolvido pela Epagri, é especialmente voltado para os profissionais que trabalham com a cultura do maracujazeiro nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Este manual representa um avanço significativo na busca por soluções tecnológicas que otimizem e automatizem as recomendações de calagem e adubação para pomares. Com base em dados científicos e em anos de experiência prática, o sistema oferece recomendações precisas e personalizadas, levando em consideração as características do solo, as variedades de maracujá cultivadas e as metas de produção estabelecidas. Ao utilizar este software, os técnicos terão acesso a uma interface intuitiva e amigável que permitirá a inserção de informações relevantes e a geração automática de recomendações de calagem e adubação.



**Sistemas agroflorestais de produção: Conceitos, princípios e aplicações em Santa Catarina. (Impresso/On-line) – 2024 48p. BT 217**

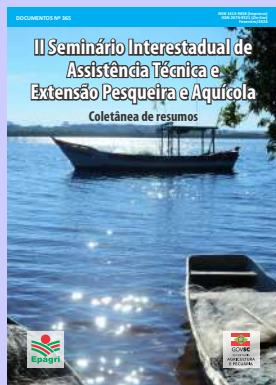
Esta publicação apresenta os conceitos e princípios da agrossilvicultura como subsídio aos técnicos que atuam na pesquisa agropecuária e na extensão rural com o objetivo de promover a diversificação da paisagem produtiva de SC e agricultura de baixa emissão de carbono. Os Sistemas Agroflorestais de Produção (SAFs) propiciam a geração de renda associada à conservação do solo e da água, bem como o aumento da biodiversidade nos agroecossistemas. De acordo com a FAO, as ações necessárias para a adaptação às mudanças climáticas, a mitigação dos impactos ambientais e o desenvolvimento sustentável incluem, dentre outras práticas, a adoção de sistemas agroflorestais de produção. Fomentar a conversão de monocultivos em sistemas produtivos mais complexos e com alta rentabilidade constitui ação estratégica para a sustentabilidade e resiliência da agricultura catarinense, além de contribuir para diferentes ecossistemas que integram os biomas brasileiros.



**Receitas à base de banana. (Impresso/On-line) – 2024 64p. BD 169**

Santa Catarina possui cerca de 30 mil ha cultivados com banana, caracterizando-se como o 4º maior produtor nacional da fruta. No Norte Catarinense e no Alto Vale do Itajaí predomina o cultivo de frutos do Grupo Cavendish (Caturra), enquanto sul do estado frutos do Grupo Prata (branca). A busca por uma alimentação mais saudável, visando à substituição de alimentos processados por nutraceuticos, é cada vez mais crescente. Este boletim didático tem por finalidade fomentar uma alimentação mais saudável, atendendo num primeiro momento questões relativas à segurança alimentar e traz algumas das receitas que são elaboradas nos cursos realizados pela Epagri. Além disso, objetiva instigar e dar subsídios para criação de novos negócios, visando à agroindustrialização da banana, com a finalidade de agregar valor, aumentar a renda e gerar empregos no meio rural.

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



### II Seminário Interestadual de Assistência Técnica e Extensão Pesqueira e Aquícola - Coletânea de Resumos. (Impresso/On-line) – 2024 50p. Doc 365

Esta publicação é uma compilação dos resumos dos 20 trabalhos apresentados por extensionistas da Epagri durante o II Seminário Interestadual de Assistência Técnica e Extensão Pesqueira e Aquícola, realizado de 22 a 24 de novembro de 2022 no Centro de Treinamento da Epagri (Cetrei), em Itajaí, Santa Catarina. Com o propósito de viabilizar a troca de saberes teóricos e práticos ligados à extensão pesqueira e aquícola entre a Epagri e instituições externas, o evento constituiu-se em um espaço de aprendizados e intercâmbios técnicos. Igualmente, promoveu a diversidade de trabalhos realizados pela Epagri e o impacto positivo na vida de pescadores, maricultores e suas famílias. A apresentação dos resumos é uma forma de registrar a memória do seminário, bem como constitui um subsídio para eventos futuros de formação na extensão pesqueira e aquícola da Epagri.



### Pecuária de leite rentável e sustentável: a escolha de uma trajetória de desenvolvimento. (Impresso/On-line) – 2023 44p. DOC 358

Nos últimos seis anos o desenvolvimento da cadeia produtiva do leite não tem apresentado o mesmo dinamismo dos anos anteriores, quando houve um crescimento acentuado na produção de leite em Santa Catarina. Resultados técnicos obtidos nas propriedades catarinenses indicam que ainda é possível dobrar ou triplicar a produção de leite nos próximos dez anos. Entretanto, intensificar o crescimento no setor lácteo catarinense de forma sustentável e resiliente ainda é um grande desafio. Em 2013 a Epagri publicou uma proposta para o desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva do leite com uma série de diretrizes técnicas. Agora ela está disponível na íntegra nesta publicação – uma edição atualizada com base em novos parâmetros e indicadores técnicos. Todos os dados são baseados nos resultados técnicos e econômicos das Unidades de Referência Tecnológica (URTs) acompanhadas pelo Programa Pecuária no período de 2015 a 2021.



### Planilhas para cálculo do custo de produção de peixes: manual de uso. (Impresso/On-line) – 2023 36p. DOC 361

Apesar do desenvolvimento da piscicultura catarinense ao longo dos anos, obter informações econômicas da atividade, principalmente sobre custo de produção, ainda representa um grande desafio. Não é possível quantificar o número de piscicultores que realizam os cálculos do custo de produção dos seus cultivos, mas estima-se que sejam menos de 10% dos piscicultores comerciais. Esta publicação tem como objetivo auxiliar técnicos e piscicultores nas análises técnicas e econômicas dos custos que envolvem a piscicultura de viveiros escavados. O conjunto de planilhas no trabalho serve para avaliar os custos de produção ao final do cultivo. As planilhas ainda permitem simular um novo cultivo, sua viabilidade econômica, bem como mostrar resultados para a tomada de decisão. Apresenta sete pastas distintas para descrever e executar os cálculos: Apresentação; Planilha 1 - Levantamento de dados; Planilha 2 - Custo de implantação do viveiro; Planilha 3 - Cálculo do custo de produção de peixes; Planilha 4 – Resumo; Planilha 5 - Biometrias; Planilha 6 - Análises físico-químicas e microbiológicas.

# Cultivares Epagri de mandioquinha-salsa: da avaliação participativa à adoção e impactos à cadeia produtiva

Eduardo da Costa Nunes<sup>1</sup>, Marcelo Zanella<sup>2</sup>, Carlos Alberto Koerich<sup>3</sup> e Darlan Rodrigo Marchesi<sup>4</sup>

## Introdução

Historicamente, o cultivo comercial da mandioquinha-salsa em Santa Catarina teve seu início na agricultura familiar do Alto Vale do Rio do Peixe. Nesta região, as Estações Experimentais de Caçador e Ituporanga mantiveram até a década de 1990 coleções de variedades de mandioquinha-salsa e que também funcionavam como fornecedores de mudas. Após a perda destas coleções, abortou-se a possibilidade de continuidade da promoção técnica e reposição de mudas aos agricultores familiares da região. No entanto, no início dos anos 2000, o cultivo foi retomado nas regiões de Canoinhas e da Grande Florianópolis, através de um trabalho conjunto entre Embrapa e Epagri, com o cultivar Amarela do Senador Amaral. Este trabalho foi consolidado por agricultores familiares da comunidade de Rio Fortuna no município de Angelina, que se tornou desde então e até os dias atuais o principal polo produtor de raízes e disseminador de mudas. Nesta localidade, características de solo, relevo e clima específicos, aos quais a espécie é bem adaptada, bem como a aptidão cultural de sua população para tal cultivo, facilitaram o processo. Atualmente, há interesse crescente de agricultores de outras regiões catarinenses em também adotar esta cultura como alternativa de produção. Estas perspectivas somente se mostraram viáveis a partir do lançamento e registro dos cultivares Epagri de mandioquinha-salsa SCS380 Inca e SCS381 Coqueiral, impulsionados também graças à implantação de projetos integrados de pesquisa e extensão da Epagri, com ações em diferentes regiões de Santa Catarina, com este cultivo e uso destes materiais genéticos.

A Epagri não possui um programa de melhoramento genético de mandioquinha-salsa especificamente. Estes

novos cultivares foram oriundos da observação perspicaz de extensionistas do município de Angelina que, juntamente com produtores locais, identificaram a ocorrência destes materiais em lavouras comerciais, selecionando-os e multiplicando-os.

Então, com auxílio da pesquisa, eles passaram a ser testados e avaliados em “unidades de avaliação participativa” (UAP) distribuídas em quatro regiões do estado de Santa Catarina, dentro do projeto “Rede de avaliação participativa de desempenho e validação de potenciais cultivares catarinenses de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)”. Desta forma, dentro de um trabalho conjunto, integrado por pesquisadores, extensionistas e a essencial participação de produtores, foi possível de fato avaliar e validar o desempenho superior destes materiais genéticos, culminando com os seus registros e a disponibilização à sociedade catarinense.

## Cultivo de mandioquinha-salsa e a sustentabilidade da pequena propriedade familiar catarinense

A agricultura familiar é sempre lembrada por sua importância econômica, associada à força de trabalho e à produção de alimentos. Mas ela também assume importância social quando voltada para o autoabastecimento das famílias e aos cuidados ambientais, no redesenho de paisagens rurais, promovendo a biodiversidade. Além de fator redutor do êxodo rural e fonte de recursos para as famílias com menor renda, a produção familiar também contribui expressivamente para a geração de riqueza, sendo responsável por parcela considerável, acima de 30% do valor bruto da produção.

No estado de Santa Catarina, as características geográficas e ambientais naturalmente diversificadas, associadas a aspectos culturais, historicamente contribuíram para formatar a estrutura fundiária, caracterizada pela predominância de um modelo de agricultura familiar de pequenas propriedades. Essa estrutura produtiva, segundo IBGE (2017), soma 183 mil estabelecimentos agropecuários, com área média de 35,2ha por estabelecimento. A atividade agropecuária envolve diretamente cerca de 500 mil pessoas, sendo 78% agricultores familiares. Estas famílias de agricultores, apesar de ocuparem apenas 41% da área dos estabelecimentos agrícolas, são responsáveis por mais de 70% do valor da produção agrícola e pesqueira do Estado.

Dentro deste contexto, a cultura da mandioquinha-salsa constitui-se em ótima alternativa para este modelo de produção, principalmente em razão da densidade econômica elevada e considerável demanda por mão de obra, nas etapas de preparação de mudas, de plantio e colheita. Além disso, é conhecida por ser uma cultura bastante rústica, com baixa exigência de insumos e, por consequência, pode ser conduzida com reduzido custo de produção. Desta forma, tem assumido grande importância socioeconômica nas regiões onde seu cultivo é realizado de forma mais intensa.

Normalmente, nos últimos anos a mandioquinha-salsa tem seu valor de venda crescente, com oscilação de preços relativamente pequena durante o ano, quando comparada com outras olerícolas, minimizando o risco de insucesso. De certa forma, este aspecto também pode ser equilibrado, pois as raízes podem ficar “armazenadas” no solo até os valores de mercado se tornarem mais atrativos, seguindo a premissa

<sup>1</sup> Eng.-agr., Dr., Epagri/Estação Experimental de Urussanga, Rod. SC 108, Km 353, Bairro Estação, 88840-000 Urussanga, SC, e-mail: eduardon@epagri.sc.gov.br

<sup>2</sup> Eng.-agr., Epagri/Gerência Regional de Florianópolis, e-mail: marcelozanella@epagri.sc.gov.br

<sup>3</sup> Extensionista rural, Técnico agrícola, Epagri/Escritório municipal de Angelina, e-mail: carloskoerich@epagri.sc.gov.br

<sup>4</sup> Eng.-agr., MSc., Epagri/Gerência Regional de Criciúma, e-mail: darlan@epagri.sc.gov.br

de mercado da oferta e demanda. Mais recentemente o volume de produção (colheita e oferta de raízes) esteve abaixo da demanda, principalmente quando a produção estava localizada próxima a grandes centros consumidores, a exemplo de Florianópolis e entorno.

## Descrição, adoção e desempenho produtivo dos cultivares SCS380 Inca e SCS381 Coqueiral

Os cultivares SCS380 Inca e SCS381 Coqueiral apresentam ciclo de cultivo similar aos cultivares tradicionalmente plantados (como o cultivar Amarela do Senador Amaral), podendo ser colhidos a partir de oito meses pós plantio e se estendendo até 15 meses, mantendo boa qualidade de raízes comerciais. No entanto, estes cultivares, por serem mais vigorosos, quando colhidos além deste período, tendem a apresentar raízes de maior tamanho, deixando de apresentar padrão adequado para comercialização como raízes frescas (*in natura*). De qualquer forma, este vigor característico permite que a colheita possa eventualmente ser mais precoce, quando o valor de mercado for atrativo e compensar a perda do potencial máximo de produtividade.

Estes cultivares têm apresentado alta capacidade de adaptação e resiliência de cultivo às diferentes regiões do estado de Santa Catarina. A análise de risco climático para SC considera limitante para o cultivo de mandioquinha-salsa a ocorrência de temperaturas médias mínima e máxima, respectivamente, menores que 7°C e maiores que 24°C (Pandolfo *et al.*, 2022). Isso se concretiza no campo basicamente pela baixa incidência de florescimento precoce, alta resistência a fatores de estresse, como déficit hídrico e altas temperaturas, e baixa ocorrência das principais pragas e doenças da cultura. Particularmente, o cultivar SCS381 Coqueiral tem demonstrado excelente comportamento no campo, apresentando alta resistência às principais doenças e pragas da cultura e alta plasticidade adaptativa. Características relevantes, observadas quando sob condições climáticas adver-

sas, tanto para déficit hídrico como para condições de excesso de temperatura, sendo possível seu cultivo em regiões até então consideradas inadequadas a produção de mandioquinha-salsa, como em regiões de menor altitude (em torno de 300 a 400 metros), mantendo produtividade significativa, em torno de 40t/ha, por exemplo, no município de São Pedro de Alcântara (Figura 1). Nestes aspectos, em especial, o cultivar SCS380 Inca tem se mostrado menos tolerante.

Ambos cultivares têm apresentado excelente qualidade de raízes, com cerca de 95 e 91% de raízes comerciais produzidas para SCS381 Coqueiral e SCS380 Inca, respectivamente, em lavouras tecnicamente bem conduzidas, sobretudo em sistema de plantio direto (SPDH). Isso ocorre principalmente quando o manejo da adubação e a adequação do espaçamento de plantio são feitos de forma a controlar o crescimento (vigor vegetativo das plantas) e, conseqüentemente, o adequado tamanho das raízes.

Estes cultivares se caracterizam no campo por apresentarem porte médio/grande, com crescimento e desenvolvimento foliar rápido, abundante e vigoroso, cobrindo a área de plantio (linhas e entre linhas) mais rapidamente que outros cultivares, protegendo o solo e

reduzindo e/ou eliminando o manejo de controle de plantas espontâneas. Assim, são cultivares que possibilitam a implementação de sistemas de cultivos menos impactantes e mais sustentáveis, a exemplo do cultivo mínimo e, em especial, o sistema de plantio direto (SPDH), que vem apresentando nos últimos anos uma ampliação de áreas cultivadas e adoção por agricultores familiares de tradicionais regiões produtoras (Figura 2), impulsionados fortemente pela adoção destes novos cultivares da Epagri.

Outro fator importante para adoção destes cultivares se refere à menor necessidade de adubações, sem se descuidar de aspectos importantes inerentes à fertilidade dos diferentes tipos de solos, a necessidade de realização de análise destes e dos sistemas de cultivo para a adequada quantificação, bem como as formas de disponibilizar os fertilizantes às plantas. De forma generalizada, estima-se que o cultivo destes materiais possibilita a redução de aproximadamente 60% da quantidade de adubos necessários para o ciclo da cultura. As lavouras apresentam níveis altos de produtividade, além de reduzir os custos de produção em até 50% quando comparadas com outros cultivares. Caso a produção seja destinada à agroindús-



Figura 1. Produção de raízes do cultivar SCS381 Coqueiral, no município de São Pedro de Alcântara a uma altitude de aproximadamente 350 metros  
Foto: Marcelo Zanella





Figura 2. Aspecto do plantio de mandioca-salsa (Cv. SCS381 Coqueiral) aos três meses pós-plantio, cultivada em sistema de plantio direto sobre palhada de aveia, no município de Angelina, SC

Foto: Marcelo Zanella

tria de transformação – sopas, cremes, produtos pré-cozidos, alimentos infantis (“papinhas”), fritas fatiadas (“chips”) entre outros –, onde o tamanho exagerado das raízes não seja um problema, pode-se aumentar a quantidade de adubação, que se refletirá em aumento considerável de produtividade.

A produtividade destes materiais ge-

néticos, de maneira geral, tem demonstrado superioridade aos demais cultivares, principalmente em relação ao cultivar Amarela do Senador Amaral, que outrora foi o mais cultivado (Tabela 1). As informações desta tabela apontam que o cultivar SCS380 Inca teve produtividade, em todas as unidades sempre acima de 33t/ha, alcançando valores

acima de 70t/ha em algumas regiões. O cultivar SCS381 Coqueiral apresentou produtividades mais constantes em todas as unidades, com valores superiores a 60t/ha, exceção da unidade do Vale de Itajaí na safra 2022/23, em que o excesso de chuvas e umidade acabaram afetando a produtividade final de todos os cultivares. Porém, mesmo em condições de temperaturas excessivas (vide UAP Florianópolis safra 2021/22), apresentou produtividade acima de 70t/ha, fato que demonstra sua plasticidade adaptativa (resiliência) a este fator de estresse ambiental.

Em condições normais de cultivo, os cultivares de mandioca-salsa da Epagri apresentam desempenho e uniformidade produtiva superiores aos demais materiais genéticos, sendo que, em algumas situações, produziram o dobro.

## Importância econômica e social do cultivo de mandioca-salsa

Considerando-se a safra 2020/1, o registro e o lançamento dos cultivares SCS380 Inca e SCS381 Coqueiral no ano de 2022 como marco temporal inicial, temos o que segue:

Atualmente, na principal região pro-

Tabela 1. Produtividade (Kg/ha) de raízes dos cultivares Epagri de mandioca-salsa, em unidades de avaliação participativa (UAP) em quatro diferentes regiões edafoclimáticas do estado de Santa Catarina, durante duas safras consecutivas (2021/22 e 2022/23)

Cultivares	Produtividade estimada <sup>1</sup> (Kg/ha)							
	Safrá 2021/22				Safrá 2022/23			
	Florianópolis	Alto V. Itajaí	Planalto Norte	Oeste <sup>2</sup>	Florianópolis	Alto V. Itajaí <sup>3</sup>	Planalto Norte	Oeste <sup>2</sup>
SCS380-Inca	33000*	52000	63240	ND <sup>c</sup>	48100	34270	75485	> 60.000
Catarina	11100	20800	28520	ND <sup>c</sup>	20000	22460	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>
Acaríjo	57100	62400	51460	ND <sup>c</sup>	47500	51310	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>
Senador Amaral	ND <sup>a</sup>	16700	38440	ND <sup>c</sup>	ND	16400	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>
Rúbia	ND <sup>b</sup>	20400	35340	ND <sup>c</sup>	28000	28100	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>
SCS381-Coqueiral	73100	72800	88040	ND <sup>c</sup>	77500	41500	68541	> 60.000

<sup>1</sup> Produtividade estimada considerando uma população (estande) de 31000 plantas/ha.

<sup>2</sup> A UAP da região Oeste somente foi iniciada na safra 2022/23 e está sendo colhida aos 14 meses pós plantio.

<sup>3</sup> Unidade de Avaliação participativa (UAP) com problemas de excesso de chuva e umidade antes da colheita.

ND – Sem informações disponíveis em função de: (a) O cultivar não foi implantado na UAP; (b) O cultivar não resistiu a alguma adversidade climática (excesso de temperatura), e/ou (c) UAP não foi implantada.

\*Temperaturas excessivas no período de crescimento das raízes.

dutora de Santa Catarina (Grande Florianópolis), estima-se que a área total cultivada seja da ordem de 800ha, sendo que em torno de 650ha estejam no município de Angelina, configurando-se como o principal produtor do Estado. Para além desta, estima-se que na região do Alto Vale do Itajaí há uma área cultivada de 150ha, 240ha no Planalto Norte e por volta de 10ha no Oeste Catarinense.

No conjunto destas regiões, em torno de 800 pequenas propriedades familiares estão envolvidas com esta atividade, onde a produtividade média é de 35t/ha. Do total de área plantada na principal região produtora, estima-se que, entre todos os materiais genéticos cultivados, 80% da área é ocupada pelo cultivar SCS381 Coqueiral, 15% pelo SCS380 Inca e 5% de áreas remanescentes com os tradicionais cultivares “Amarela do Senador Amaral” e/ou “Catarina”.

Em termos econômicos, o valor/preço médio de venda das raízes foi de aproximadamente R\$3,05/kg na safra 2021/22, porém teve uma redução para em torno de R\$1,10/kg em 2022/23. De qualquer forma, parece consenso considerar-se o valor médio em torno de R\$2,00/kg, como valor médio referencial de uma série histórica mais longa de comercialização das raízes pelos produtores. Para a safra 2023/24 os produtores estão bastante otimistas. Na principal região produtora, no início da colheita, os preços estão sendo praticados a R\$4,00/kg (R\$120/caixa de 30kg) e as expectativas são de que continuem neste patamar até o final da safra. No entanto, na Região Oeste/Extremo Oeste os preços se mantiveram estáveis durante todo período, girando em torno de R\$7,00/kg. Supõe-se que esta diferença entre uma região e outra ocorra, basicamente, em função da oferta e da demanda de raízes. No Oeste Catarinense são poucos produtores para atender à demanda de uma região bastante extensa, que engloba também outras regiões próximas dos estados do Rio Grande do Sul e do Paraná. Desta forma, configura-se num todo como uma região de alta demanda a ser atendida por poucos produtores, sendo

o inverso verdadeiro para a região da Grande Florianópolis. De qualquer forma, podemos considerar que a cultura da mandioquinha-salsa possibilita uma boa remuneração ao produtor, quando comparada a outras culturas.

Além da produção e comercialização de raízes, outra possibilidade de aumento de renda dos produtores de mandioquinha-salsa está relacionada à venda de mudas. Este aspecto foi impulsionado na última safra 2023/24, basicamente, pelo sucesso de produção e adaptação dos cultivares SCS380 Inca e SCS381 Coqueiral em outros estados produtores, principalmente Paraná, São Paulo e Minas Gerais, onde obtiveram índices de produtividade superiores a outros cultivares. Este fato gerou uma forte demanda por mudas, fazendo com que algumas famílias do município de Angelina passassem também a comercializar mudas, obtendo uma nova fonte de renda. Neste contexto, em torno de 15 milhões de mudas foram comercializadas ao preço de R\$0,10/muda. Esta atividade teve o envolvimento de 15 famílias inicialmente, sendo que para uma delas em especial o valor total bruto obtido pela venda de mudas foi equivalente ao obtido pela venda de raízes. Desta forma, podemos considerar que num futuro próximo esta atividade poderá estabelecer-se adequadamente em termos técnicos e legais como um novo produto desta cadeia produtiva, possibilitando o surgimento de produtores legalmente habilitados e especializados nesta atividade.

## Considerações finais

A partir das discussões acima, pode-se inferir as seguintes considerações e afirmações a respeito do cultivo de mandioquinha-salsa e de sua cadeia produtiva com adoção dos cultivares SCS380 Inca e SCS381 Coqueiral.

Esses cultivares atualmente são amplamente cultivados em Santa Catarina. Destacam-se pelo alto potencial produtivo pela qualidade das raízes e resiliência ambiental, possibilitando a expansão do cultivo no Estado e em outras regiões. Isso impulsiona a produção e comercialização de mudas, um novo elo

que surge na cadeia produtiva até então inexistente.

Além disso, a polpa das raízes tem potencial de uso na indústria de alimentos, possibilitando a criação de novos produtos com valor agregado e gerando oportunidades de exportação e o surgimento de pequenas agroindústrias.

A rusticidade e a adaptabilidade dos cultivares SCS380 Inca e SCS381 Coqueiral fazem com que eles se tornem adequados para sistemas de produção de baixo impacto ambiental, como a produção orgânica e o sistema de plantio direto (SPDH).

Dessa forma, o cultivo de mandioquinha-salsa com esses cultivares se mostra cada vez mais relevante para a agricultura familiar em regiões agroclimáticas específicas, diversificando a produção e gerando renda estável. Esse cultivo pode reduzir o êxodo rural, especialmente entre os jovens, além de fomentar novos negócios, contribuindo para uma economia circular regionalizada e sustentável.

Essas perspectivas indicam que o cultivo de mandioquinha-salsa, impulsionado pelos cultivares SCS380 Inca e SCS381 Coqueiral, tem potencial para se consolidar em Santa Catarina como uma atividade agrícola sustentável, economicamente viável e socialmente relevante, beneficiando os agricultores familiares e a economia local.

## Referências

IBGE. **Censo Agropecuário 2017**: Resultados definitivos, Santa Catarina. 2017 (Folder divulgação Resultados Agro). Disponível em: [https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/pdf/sc.pdf](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/pdf/sc.pdf). Acesso em: 10 maio 2024.

PANDOLFO, C.; RICCE; W.S.; MASSIGNAM, A.M.; VIANNA, L. F.N. & SILVA, P. F. **Análise de risco climático para o cultivo de mandioquinha-salsa em Santa Catarina**. Epagri/Ciram, 5p. 2022. Disponível em: [https://ciram.epagri.sc.gov.br/ciram\\_arquivos/site/boletins\\_culturas/risco\\_climatico/SC\\_Mandioquinha\\_Salsa.pdf](https://ciram.epagri.sc.gov.br/ciram_arquivos/site/boletins_culturas/risco_climatico/SC_Mandioquinha_Salsa.pdf). Acesso em: 10 maio 2024.

# Validação de unidades depuradoras de média escala em termos de redução das contagens de *E. coli* e de sobrevivência pós-depuração das ostras *Crassostrea gigas*

Felipe Matarazzo Suplicy<sup>1</sup>, Robson Ventura de Souza<sup>2</sup>, Érica Carobrêz<sup>3</sup>, Giustino Tribuzi<sup>4</sup> e Marília Miotto<sup>5</sup>

**Resumo** – As unidades depuradoras de média escala avaliadas foram capazes de atender ao requisito legal avaliado. A depuração por 36 horas resultou numa redução das contagens da bactéria indicadora de contaminação de origem fecal, *Escherichia coli*, na carne de todas as amostras de ostras de todos os sete ciclos acompanhados até níveis dentro dos limites legais. Os resultados ainda indicam que tanto ostras magras quanto gordas apresentam uma sobrevivência pós-depuração similar, no geral acima de 80% dez dias após a depuração.

**Termos para indexação:** Moluscos bivalves; Poluição marinha; Saúde pública; Aquicultura.

## Validation of medium-scale depuration units in terms of *E. coli* counts reduction and post-depuration survival of *Crassostrea gigas* oyster

**Abstract** – The medium-scale depuration units evaluated in this study successfully met the legal requirements. After 36 hours of depuration, the levels of fecal contamination bacteria, *Escherichia coli*, in the meat of all oyster samples from all seven cycles monitored were reduced to levels within legal limits. The results also show that both lean and fat oysters had similar survival rates after purification, generally above 80% ten days after purification.

**Indexing terms:** Bivalve mollusk; Marine pollution; Public health; Aquaculture.

## Introdução

A depuração é uma técnica de processamento realizada antes da comercialização que envolve a manutenção de moluscos, como as ostras e os mexilhões, em tanques com água salgada limpa, onde os animais realizam a sua atividade normal de filtração por um período suficiente para que expulsem, junto com o conteúdo dos seus intestinos, os microrganismos causadores de doenças que eventualmente tenham sido ingeridos nas fazendas marinhas ou nos bancos naturais (Souza *et al.*, 2021).

A Epagri publicou uma revisão bibliográfica que evidencia os benefícios e limitações desta técnica em termos de redução dos níveis de bactérias e vírus relacionados à contaminação de origem

fecal (Souza *et al.*, 2022) e um boletim didático, baseado na experiência internacional, que explica como a depuração deve ser realizada para obter os melhores resultados (Souza *et al.*, 2021). No entanto, a eficiência de uma unidade de depuração dependerá da sua construção e operação e mesmo unidades construídas e operadas seguindo as melhores recomendações devem ser validadas por meio de ensaios controlados, de forma a comprovar a sua eficiência para as autoridades responsáveis pela inspeção sanitária dos estabelecimentos processadores de moluscos. Para isso, é comumente avaliado um dos parâmetros atualmente previstos em legislação (Brasil, 2022) para controle desses perigos, que são os níveis da bactéria *Escherichia coli* (uma bactéria do grupo

dos coliformes que serve como indicador da presença de fezes de animais de sangue quente) na carne dos moluscos antes e após a depuração.

Este informativo técnico descreve os resultados da avaliação do processo de depuração em unidades depuradoras de média escala em um estabelecimento processador em Santa Catarina. Para isso foram acompanhados ciclos de ostras *Crassostrea gigas* em diferentes épocas do ano, envolvendo o monitoramento de diferentes parâmetros de qualidade de água e dos níveis de *E. coli* na carne das ostras antes, durante e ao fim de cada ciclo de depuração. Um parâmetro monitorado adicionalmente foi a sobrevivência das ostras no período pós-depuração, uma vez que alguns produtores questionam se a sobrevi-

Recebido em 24/11/2023. Aceito para publicação em 23/05/2024.

Editor de seção: Douglas da Cruz Matos

<sup>1</sup> Biólogo, Ph.D., Epagri/Centro de Desenvolvimento em Aquicultura e Pesca (Cedap), C.P. 502, 88034-901 Florianópolis, SC, fone: (48) 3665-5060, e-mail: felipesuplicy@epagri.sc.gov.br.

<sup>2</sup> Médico Veterinário, Dr., Epagri/Centro de Desenvolvimento em Aquicultura e Pesca (Cedap), C.P. 502, 88034-901 Florianópolis, SC, fone: (48) 3665-5060, e-mail: robsonsouza@epagri.sc.gov.br.

<sup>3</sup> Farmacêutica, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, 88034-001, Florianópolis, SC, fone (48) 3721-5377, e-mail: ericaimhof@gmail.com

<sup>4</sup> Cientista de Alimentos, Dr., Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, 88034-001, Florianópolis, SC, fone (48) 3721-5395, e-mail: giustino.tribuzi@ufsc.br

<sup>5</sup> Farmacêutica e Bioquímica, Dra., Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, 88034-001, Florianópolis, SC, fone (48) 3721-5377, e-mail: marilia.miotto@ufsc.br

<https://doi.org/10.52945/rac.v37i2.1784>

vência dos animais comercializados *in natura* seria afetada pelo processo.

## Unidades depuradoras de moluscos avaliadas

O estabelecimento processador localiza-se na Caieira da Barra do Sul, em Florianópolis, e possui seis unidades depuradoras compostas de tanques construídos em alvenaria com revestimento cerâmico, dimensões internas de 2,10m x 1,50m x 1,35m (A x L x P) e capacidade para 4.250 litros. Cada unidade possui um sistema de recirculação de água independente, envolvendo os seguintes equipamentos instalados sequencialmente da saída de água até o seu retorno para o tanque: uma bomba de 1CV, um resfriador de água e um equipamento de desinfecção de água por luz ultravioleta com lâmpada de 55W. A velocidade de recirculação é de 12.750 litros (três vezes o volume do tanque) por hora. Cada unidade é carregada com até 700 dúzias de ostras, posicionadas em grupos de dez dúzias em caixas de plástico gradeadas (na base e nas laterais) com dimensões 14cm x 60cm x 38cm (A x L x P), que são organizadas em dez pilhas contendo sete caixas cada. Essas especificações estão de acordo com recomendações nacionais e internacionais (Lee *et al.*, 2008; Souza *et al.*, 2021) e dos fornecedores dos equipamentos que compõem o sistema.

## Avaliação dos ciclos de depuração

Foram avaliados sete ciclos de depuração realizados entre novembro de 2022 e agosto de 2023. As contagens de *E. coli* nas ostras foram realizadas antes da depuração e após 12, 24, 36 e 48 horas do início do processo. No quarto ciclo de depuração avaliado, foram analisados os níveis de *E. coli* também após 60 e 72 horas. Para as análises, três amostras contendo seis ostras cada foram coletadas na camada de caixas plásticas vazadas mais próxima à superfície da água, após cada um dos intervalos de tempo mencionados. Ao fim do processo de depuração, além das três amostras coletadas na camada supe-

rior de caixas, foram coletadas também três amostras na camada mais próxima ao fundo do tanque. Os níveis de *E. coli* foram estimados por meio da técnica de Número Mais Provável (NMP) seguindo o método ISO 16649-3:2015 (ISO, 2015). Foram monitorados os parâmetros de qualidade de água: temperatura, a cada hora (registrador de temperatura HOB0 Pendant MX, Onset); pH, concentração de oxigênio (sonda multiparâmetro HI 9829, Hanna) e salinidade (refratômetro), a cada 12 horas. Foi avaliado ainda o Índice de Condição (proporção de carne/concha) de vinte ostras antes de cada ciclo de depuração, segundo o método proposto por Lucas e Beninger (1985), bem como a sobrevivência dos animais após as depurações. A sobrevivência após a depuração foi avaliada em cinco grupos, contendo cinco ostras cada, mantidos em uma incubadora BOD mantida a 4°C. Cada grupo foi acondicionado em uma embalagem plástica de 1 litro com tampa e contendo um pequeno pedaço de pano umedecido para evitar a desidratação dos animais. A avaliação da sobrevivência foi feita ao fim de 10 dias, sendo consideradas mortas as ostras não reagentes a estímulo físico (com conchas abertas mesmo após serem manipuladas).

## Parâmetros de qualidade de água

Os parâmetros de qualidade de água apresentaram pouca variação entre os ciclos de depuração avaliados. A temperatura variou entre 17 e 19°C, o pH entre 7,13 e 7,36 e o oxigênio dissolvido se manteve em torno de 80%. A salinidade foi o parâmetro que apresentou maior variação entre ciclos de depuração devido à ocorrência de chuvas que afetaram a salinidade da água captada do mar. Na sétima depuração ocorreram problemas que impediram o acompanhamento desses parâmetros (Tabela 1). Esses valores mostram que as condições da água durante o processo de depuração seguiram as recomendações internacionais (Lee *et al.*, 2008; Souza *et al.*, 2021).

## Contagens de *E. coli* nas ostras durante a depuração

De acordo com os padrões microbiológicos estabelecidos pela Anvisa (Brasil, 2022), entre cinco unidades amostrais de um lote de moluscos vivos, quatro devem ter contagens de *E. coli* de até 230NMP 100g<sup>-1</sup> e apenas um resultado pode ter valor de até 700NMP

Tabela 1. Data dos ciclos de depuração de ostras *Crassostrea gigas* e médias e desvios padrões dos parâmetros físico-químicos da água durante a depuração

Table 1. Date of the depuration cycles of oysters *Crassostrea gigas* and means and standard deviations of the physical-chemical parameters of the water during depuration

Depuração	Data	Temperatura (°C)	pH	Salinidade (ppt)	Oxigênio dissolvido (%)
1	21/11/2022	18,99 ± 0,98	7,36 ± 0,28	29,52 ± 0,16	81,74 ± 8,06
2	05/12/2022	18,61 ± 1,00	7,13 ± 0,18	27,27 ± 0,09	85,30 ± 5,23
3	12/12/2022	19,21 ± 1,19	7,19 ± 0,02	24,17 ± 0,17	79,90 ± 5,79
4	26/06/2023	17,86 ± 1,66	7,27 ± 0,07	33,25 ± 0,21	83,72 ± 3,60
5	17/07/2023	17,06 ± 0,60	7,21 ± 0,05	25,21 ± 0,54	80,82 ± 5,22
6	14/08/2023	18,84 ± 0,42	7,35 ± 0,01	35,25 ± 0,10	83,32 ± 3,22
7	03/10/2023	-	-	-	-

100g<sup>-1</sup> para que o produto final tenha qualidade aceitável. Como na validação acompanhada, eram coletadas apenas três amostras, todas deveriam ter resultados máximos de até 230NMP 100g<sup>-1</sup> para atender a este requisito legal. No primeiro ciclo de depuração, com contaminação inicial de 790NMP 100g<sup>-1</sup> nas três amostras iniciais, a carga microbiana atingiu níveis aceitáveis após 24 horas de depuração. Nos segundo e terceiro ciclos, com contaminações iniciais de 4.666 ± 3.988NMP 100g<sup>-1</sup> e de 1.523 ± 1.545NMP 100g<sup>-1</sup>, os níveis aceitáveis foram atingidos após 36 horas de depuração. No quinto ciclo, a contaminação inicial já estava abaixo do limite de 230NMP 100g<sup>-1</sup> (112,67 ± 30,02NMP 100g<sup>-1</sup>). No sexto ciclo de depuração, com contaminação inicial de 7.066 ± 7.788NMP 100g<sup>-1</sup>, os níveis aceitáveis foram atingidos dentro de 24 horas e no sétimo ciclo, com contaminação inicial de 894 ± 858NMP 100g<sup>-1</sup>, os níveis aceitáveis foram atingidos dentro de 12 horas (Fig. 1).

A comparação dos resultados de contaminação residual obtidos para as amostras de ostras colhidas nas caixas superiores e nas inferiores identificou uma diferença significativa, sendo as contagens de *E. coli* nas ostras das camadas superiores significativamente menores que no fundo do tanque (comparação feita com o teste U de Mann-Whitney, p-valor = 0,045) (Fig. 2).

Foi observado que nos três primeiros ciclos de depuração as ostras tinham uma menor proporção de carne/concha, isto é, estavam mais “magras” (comparação feita por meio do teste de Kruskal-Wallis, p-valor < 0,001). Por outro lado, não houve diferença significativa entre a sobrevivência das ostras no período pós-depuração, o que sugere que as ostras magras sobreviveram de maneira similar às ostras gordas após o processo de depuração. A sobrevivência ao final de um período de 10 dias após a depuração foi no geral acima de 80% (Fig. 3).

## O que os resultados mostram

Os resultados da validação feita indicam que as unidades depuradoras

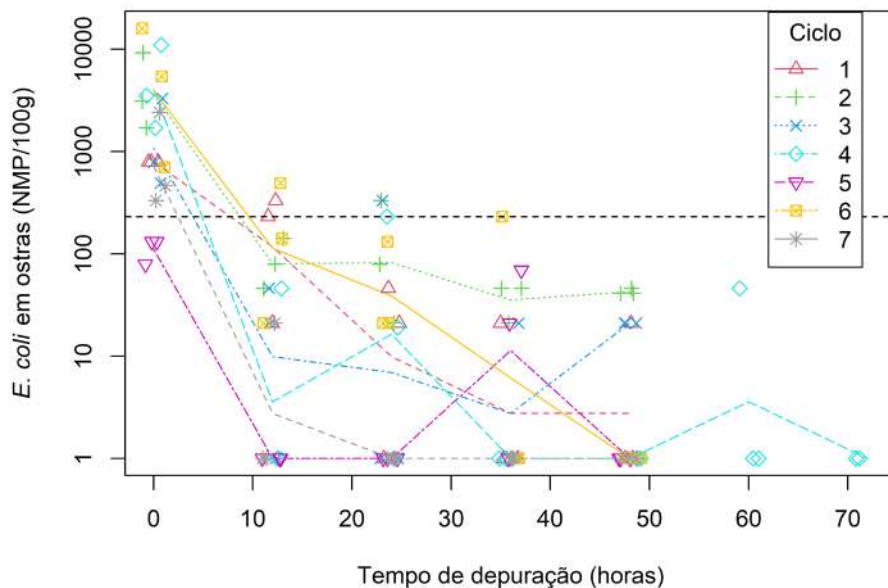


Figura 1. Contagens de *Escherichia coli* na carne de ostras ao longo do tempo nos sete ciclos de depuração acompanhados

Figure 1. Counts of *Escherichia coli* in oyster meat over time in the seven decontamination cycles monitored

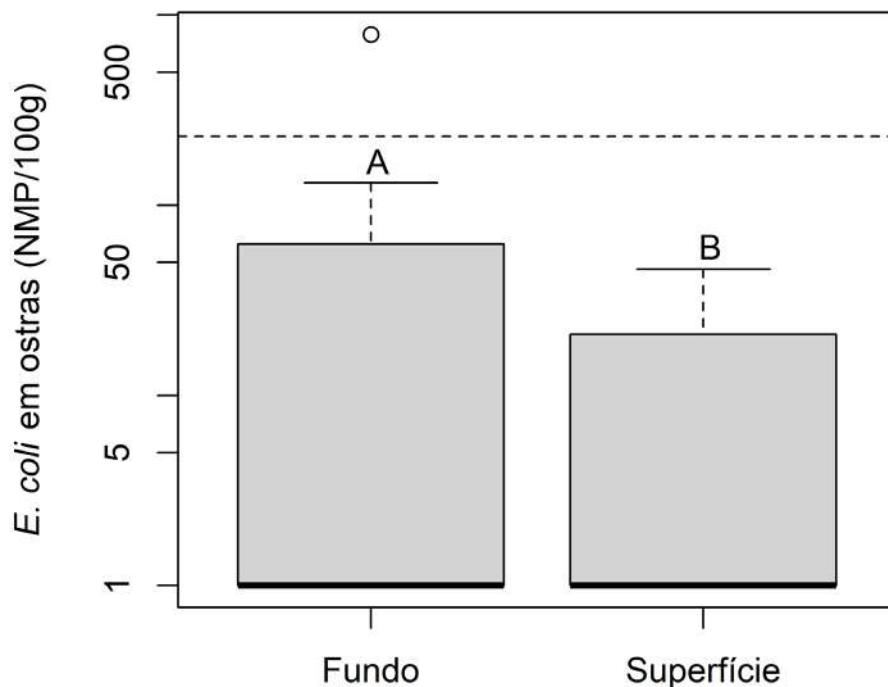


Figura 2. Gráfico de caixa comparando a contaminação residual na carne de ostra em amostras colhidas nas porções superiores e inferiores do tanque, ao final dos processos de depuração

Figure 2. Box plot comparing residual contamination in oyster meat in samples collected from the upper and lower portions of the tank, at the end of the decontamination processes

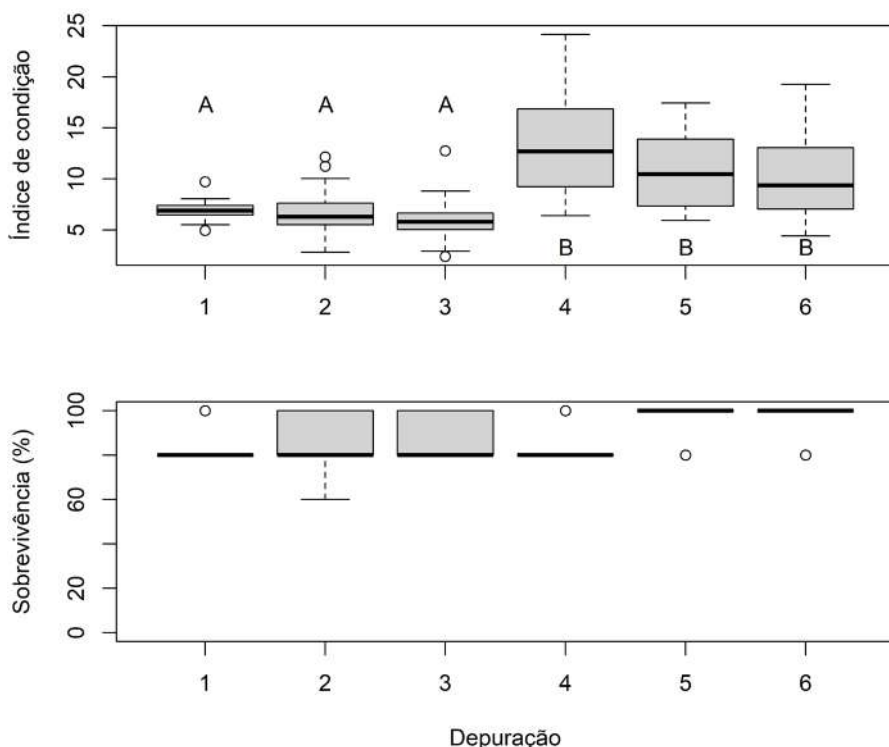


Figura 3. Gráficos de caixa com resultados do Índice de Condição (IC) e da sobrevivência de ostras mantidas refrigeradas a 4°C durante dez dias após o processo de depuração, nas seis depurações acompanhadas

Figure 3. Box plots with results of the Condition Index (CI) and survival of oysters kept refrigerated at 4°C for ten days after the depuration process, in the six depurations monitored

avaliadas são eficientes e que a redução da carga de *E. coli* ocorre com uma velocidade similar àquela descrita pela experiência internacional, que em geral é dentro de 48 horas (Lee *et al.*, 2008). A depuração por 36 horas resultou numa redução das contagens da bactéria indicadora de contaminação fecal, *E. coli*, na carne de todas as amostras de ostras, de todos os ciclos acompanhados, até contagens dentro dos limites legais. Não foram observadas desovas das ostras nas condições testadas neste estudo. Os re-

sultados indicam ainda que tanto ostras magras quanto gordas apresentam uma sobrevivência pós-depuração similar, no geral acima de 80%.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Fazenda Marinha Paraíso das Ostras por disponibilizar suas instalações para a condução do estudo e aos Srs. Evandro Rodrigo Perin e João José Teixeira Filho pelo auxílio na condução dos experimentos.

## Referências

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC n. 724, de 1º de julho de 2022. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos**. 2022.

ISO 16649-3:2015. International Organization for Standardization. **Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of  $\beta$ -glucuronidase positive *Escherichia coli* – Part 3: Most probable number technique using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl- $\beta$ -D-glucuronide**. 2015.

LEE, R.; LOVATELLI, A.; ABABOUC, L. **Bivalve depuration: fundamental and practice aspects**. FAO Fisheries Technical Paper. Rome: FAO, 2008. 139p.

LUCAS, A.; BENINGER, P.G. The use of physiological condition indexes in marine bivalve aquaculture. **Aquaculture**, Amsterdam, v.44, n.3, p.187–200, 1985. DOI: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(85\)90243-1](https://doi.org/10.1016/0044-8486(85)90243-1)

SOUZA, R.V. de; SUPLICY, F.M.; NOVAES, A.L.T. **Depuração de moluscos bivalves**. Florianópolis, SC, 2021. 70 p. (Epagri. Boletim Didático, 160).

SOUZA, R.V. de; MORESCO, V.; MIOTTO, M.; SOUZA, D.S.M.; CAMPOS, C.; SUPLICY, F.M. Depuração e tratamento térmico para redução dos níveis de patógenos em moluscos bivalves produzidos em Santa Catarina, Brasil. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.35, n.2, p.78–82, 2022 DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v35i2.1351>

# Resíduos de agrotóxicos em alimentos *in natura* no Oeste de Santa Catarina, Brasil

João Guilherme Leite<sup>1</sup>, Dheicy Luana Gomes Correia<sup>2</sup> e Diogo Antonio Deoti

**Resumo** – O uso de agrotóxicos pode representar riscos à segurança alimentar, particularmente no Brasil, que, desde 2008, é o maior consumidor mundial. O objetivo principal deste estudo é investigar a presença de resíduos de agrotóxicos em alimentos *in natura* comercializados na região Oeste de Santa Catarina entre os anos de 2013 e 2018, utilizando dados do Programa Alimento Sem Risco (PASR). A série histórica abrange 23 alimentos, coletados em pontos de comercialização e estabelecimentos rurais, e agrupados em três categorias: sem resíduo, com resíduo, e desconformes. Os resultados demonstram que, em média, 17% das amostras analisadas entre 2013 e 2018 estão em condição desconforme. Destaque para o pimentão, que apresentou 70% das amostras nessa condição. A desconformidade é, na maioria das vezes, causada pela identificação de ingredientes ativos sem registro para cultura. Os ingredientes ativos identificados em 97% das amostras correspondem a inseticidas (54%) e fungicidas (43%). Os resultados reforçam a importância do monitoramento, da fiscalização e de práticas agrícolas capazes de mitigar riscos do uso de agrotóxicos para o meio ambiente e a saúde humana.

**Termos para indexação:** Ingrediente ativo; Segurança do alimento; Agricultura sustentável.

## Pesticides residues in fresh foods in the West region of Santa Catarina, Brazil

**Abstract** – The use of pesticides can pose risks to food safety, particularly in Brazil, which has been the world's largest consumer since 2008. The main objective of this study is to investigate the presence of pesticide residues in fresh foods sold in the West region of Santa Catarina between 2013 and 2018, using data from the Food Without Risk Program (PASR). The database covers 23 foods, collected from markets and rural establishments, and grouped into three categories: No residue, With residue, and Non-compliant. The results demonstrate that, on average, 17% of the samples analyzed between 2013 and 2018 are non-compliant. Notably, bell peppers with 70% of samples non-compliant. Non-compliance is mostly caused by the identification of active ingredients without registration. 97% of the identified active ingredients correspond to insecticides (54%) and fungicides (43%). These results emphasize the importance of monitoring, oversight, and agricultural practices capable of mitigating the risks of pesticide use on the environment and human health.

**Index terms:** Active ingredient; Food safety; Sustainable agriculture.

## Introdução

O uso de agrotóxicos pode representar riscos à segurança do alimento, particularmente no Brasil, que é um dos maiores consumidores de agrotóxicos do mundo (Bombardi, 2017). Quando agrotóxicos são utilizados sem os devidos cuidados, como a aplicação de doses incorretas, desrespeito aos prazos de carência e a não utilização de equipamentos de proteção individual (EPIs), as consequências adversas são inevitáveis. Estes riscos vão desde intoxicações agudas a problemas crônicos relacionados ao consumo de alimentos contaminados, resultantes do acúmulo de substâncias no organismo humano e no meio ambiente (INCA, 2023).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) estabelece o Limite Máximo de Resíduos (LMR), que representa a quantidade máxima de resíduos de agrotóxicos permitida em alimentos. De acordo com Lopes e Albuquerque (2021), essa determinação visa assegurar que os alimentos consumidos pela população estejam dentro de padrões de segurança, minimizando os riscos à saúde causados pela exposição. A Anvisa realiza o monitoramento através do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA).

Este trabalho tem o objetivo analisar os dados do Programa Alimento Sem Risco (PASR), no Oeste de Santa Catarina, no período de 2013 a 2018 e tem foco na presença de resíduos de agro-

tóxicos em alimentos *in natura* e suas consequências ao meio ambiente e à saúde pública.

## Material e métodos

A coleta de dados foi realizada a partir da análise dos relatórios do Programa Alimento Sem Risco (PASR), com a colaboração da Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (Cidasc) e o Ministério Público de Santa Catarina (MPSC). A metodologia adotada segue o modelo de coleta de dados e análise descrito por Runtzel (2017) e a abordagem descritivo-analítica documental proposta por Lopes e Albuquerque (2021).

O PASR, que é coordenado pelo

Recebido em 21/03/2024. Aceito para publicação em 10/07/2024.

Editora de seção: Renata de Souza Resende

Engenheiro-agrônomo, Dr., UFFS/Agronomia Rodovia SC 484 - Km 02, Fronteira Sul, CEP 89815-899 – Chapecó, SC. e-mail: joao.leite@uffs.edu.br

Bolsista (voluntária), UFFS/Agronomia - Chapecó, SC. e-mail: dheicygomes@gmail.com

Engenheiro-agrônomo, Cidasc – Chapecó, SC. e-mail: deoti@cidasc.sc.gov.br

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i2.1837>

MPSC, tem como principal objetivo garantir a segurança dos alimentos cultivados e comercializados em Santa Catarina contra a contaminação por agrotóxicos. A Cidasc realiza amostragens de diversos alimentos, a maioria consumido *in natura*, em diversos pontos de comercialização e em estabelecimentos rurais em todas as regiões do Estado. A coleta dos dados pela Cidasc é conduzida conforme as instruções de serviço publicadas em anais, que dispõem sobre os procedimentos a serem seguidos para a coleta de amostras de produtos de origem vegetal do programa estadual de controle e monitoramento de resíduos de agrotóxicos (Cidasc, 2023).

Os dados para este estudo compreendem o período de 2013 a 2018, concentrando-se nas amostras de alimento coletadas na região Oeste de Santa Catarina. Em 2013 o número de amostras (n) foi de 54, em 2014 foi 85, em 2015 foi 91, em 2016 foi 53, em 2017 foi 109 e em 2018 foi 104, totalizando, nos sete anos da análise, 496 amostras.

Os resultados dos laudos de análise laboratorial foram agrupados em três categorias, de acordo com a descrição abaixo:

- Sem resíduo (Sem): amostras nas quais não foram detectados resíduos de agrotóxicos;
- Com resíduo (Com): amostras que apresentaram resíduos de agrotóxicos abaixo do limite máximo de resíduo (LMR) Anvisa;
- Desconformes: amostras com resíduos de agrotóxicos acima dos LMRs estabelecidos ou contêm agrotóxicos não autorizados (NA) para a cultura analisada.

Durante o período de análise (6 anos; 2013 a 2018), foram analisados 23 alimentos, variando em número e tipo a cada ano. A desuniformidade do processo amostral é influenciada pelo número de amostras realizadas, disponibilidade nos locais de coleta e análise de risco ao consumidor.

## Resultados e discussão

A Figura 1 ilustra a progressão dos resultados das amostras para resíduos de agrotóxicos no período de 2013 a 2018. No período avaliado, as amostras em situação desconforme apresentaram relativa estabilidade, representando uma

média de 17,3% das análises. A maior variabilidade ocorreu entre as amostras sem e com resíduos de agrotóxicos, particularmente em 2016, quando as amostras com resíduos de agrotóxicos representaram 79,3% das análises realizadas. Possíveis causas incluem alterações na metodologia de amostragem adotada pela Cidasc (número de amostras e tipos de alimentos) e número de ingredientes ativos analisados.

Se considerarmos as amostras desconformes e com resíduo de agrotóxico, na média, 65,8% dos alimentos amostrados contêm resíduos de agrotóxicos nas amostras coletadas pela Cidasc no Oeste de Santa Catarina (Figura 1). Similarmemente, a agência de proteção ao consumidor americana (FDA) identificou, em 2020, que 60% dos alimentos consumidos nos EUA apresentam pelo menos um ingrediente ativo de agrotóxico (FDA, 2022). Apesar da semelhança, menos de 10% dos alimentos amostrados nos EUA não atenderam aos padrões de qualidade determinados pela legislação federal (FDA, 2022). No Oeste Catarinense, 17% das amostras não atendem às regras de segurança do alimento determinadas pela Anvisa (Figura 1). Essa diferença se amplia quando comparamos com os dados da União Europeia, onde, em 2013, foram identificadas irregularidades em apenas 3% das amostras de alimento analisadas para presença de resíduos de agrotóxi-

cos (Gonçalves, 2016).

A Figura 2 apresenta os alimentos que se destacaram pela desconformidade, o que inclui amostras que ultrapassaram os limites estabelecidos pelo LMR e/ou se identificou resíduos de ingredientes ativos não autorizados.

O pimentão lidera a lista (Figura 2) com 70% das amostras desconformes, seguido pelo maracujá, pêssego e alface. No caso do pimentão, todos os resultados de amostras desconformes se devem à identificação de ingredientes ativos não autorizados para a cultura. O percentual de amostras desconformes, sobretudo no caso do pimentão, suscita reflexões acerca de múltiplos fatores que vão desde práticas agrícolas inadequadas, p.ex. na elaboração do receituário agrônomo (escolha e dosagem inadequada de agrotóxicos), até falhas no aparato regulatório. A prevalência de desconformidade pela identificação de ingredientes ativos não autorizados também foi identificada para as demais culturas, como maracujá, pêssego e alface. Lopes e Albuquerque (2021) encontraram resultados semelhantes em sua análise dos dados do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA), no Brasil, de 2001 a 2015. Os autores identificaram que há uma persistência na detecção de ingredientes ativos não autorizados para a cultura ou não autorizados no país. Em 2008, por exemplo, 90% dos ingre-

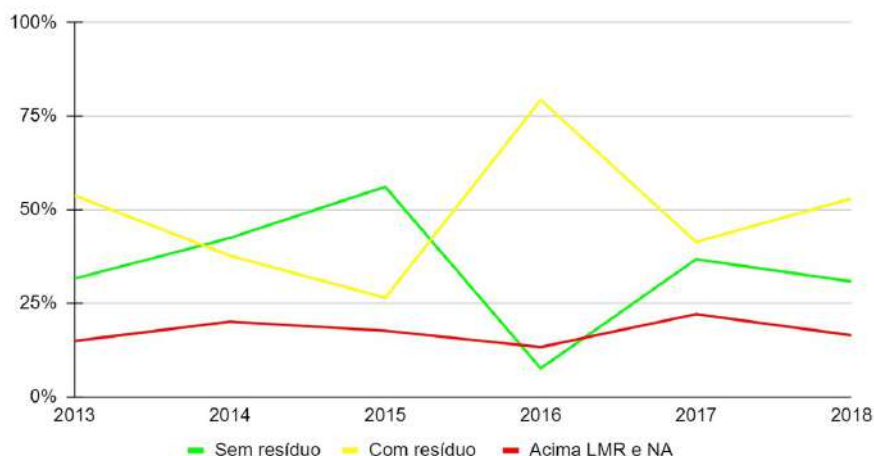


Figura 1. Frequência relativa (%) de amostras de alimentos in natura comercializados no Oeste de Santa Catarina, de 2013 a 2018, nas seguintes condições: sem resíduo de agrotóxico (sem resíduo), com resíduo de agrotóxico (com resíduo) e desconforme (acima do limite máximo de resíduo - LMR e não autorizados - NA)

Figure 1. Relative frequency (%) of fresh food samples sold in the West of Santa Catarina, from 2013 to 2018, under the following conditions: without pesticide residue (without residue), with pesticide residue (with residue) and non-compliant (above the maximum residue limit - LMR and unauthorized - NA)



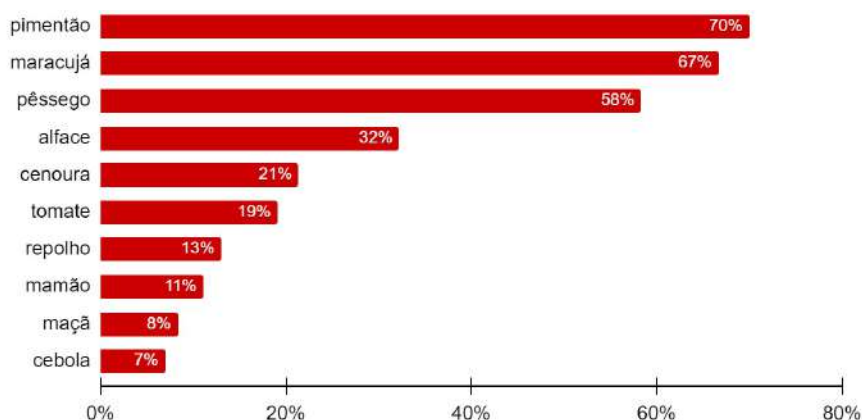


Figura 2. Frequência relativa (%) de amostras de alimentos *in natura* comercializados no Oeste de Santa Catarina, de 2013 a 2018, na condição desconforme (acima do limite máximo de resíduo - LMR e não autorizados - NA)

Figure 2. Relative frequency (%) of fresh food samples sold in the West of Santa Catarina, from 2013 to 2018, under the non-compliant condition (above the maximum residue limit - LMR and unauthorized - NA)

dientes ativos identificados no país correspondiam a essa classificação. Nesse mesmo ano, 100% das amostras em desconformidade para alimentos como abacaxi, arroz, banana, laranja, manga, uva, repolho, cenoura e cebola apresentaram ingredientes ativos que não tinham autorização para uso nas culturas.

Entre as substâncias detectadas no pimentão, destacam-se cipermetrinas totais, clorpirifós etílico, tiametoxam, clotianidina, metamidofós e imidacloprido. Essas substâncias são amplamente utilizadas na agricultura, especialmente na horticultura, devido à sua ampla disponibilidade, custo relativamente baixo e eficácia no controle de insetos-praga e doenças. Na maioria dos casos, sem a devida autorização (falta de registro para a cultura em que é utilizado).

Com o auxílio da plataforma AGROFIT (2023), foi possível classificar os agrotóxicos identificados. Inseticidas (54%) e fungicidas (43%) representam a maior parte dos resíduos encontrados nos alimentos amostrados (97%). Isso se deve ao manejo fitossanitário para o controle de insetos-praga e doenças, particularmente no final do ciclo produtivo das culturas, próximo à colheita.

## Considerações finais

Os resultados do Programa Alimento Sem Risco (PASR) no Oeste de Santa Catarina, no período de 2013 a 2018, demonstram que uma média de 17,3% das análises das amostras de alimentos está

em condição desconforme. Na maioria dos casos, a desconformidade se deve à presença de agrotóxicos sem registro para a cultura. As culturas com maior frequência de amostras desconformes são: pimentão, maracujá e pêssego. E inseticidas (53%) e fungicidas (44%) representam 97% dos resíduos de agrotóxicos identificados.

Os resultados indicam que a promoção de melhores práticas agrícolas, com investimento em capacitação de técnicos e agricultores quanto ao uso responsável de agrotóxicos, é imprescindível para evitar a contaminação de alimentos. Paralelamente, é crucial fortalecer os mecanismos de fiscalização e rastreamento (p.ex. programa e-Origem da Cidasc), assegurando o cumprimento rigoroso das regulamentações vigentes.

Finalmente, incentivos para a implementação de práticas agrícolas sustentáveis (orgânica/agroecológica) também são alternativas para reduzir ou eliminar resíduos de agrotóxicos em alimentos, com benefícios à saúde pública e ao equilíbrio ambiental.

## Agradecimentos

Agradecemos ao Ministério Público do Santa Catarina (MPSC) pela disponibilização dos dados dos relatórios do Programa Alimento Sem Risco (PASR).

## Referências

AGROFIT. **Sistemas de agrotóxicos fi-**

**tossanitários.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). 2023. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons) Acesso em: 9 nov. 2023.

BOMBARDI, L.M. **Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia.** São Paulo: FFLCH - USP, 2017. 296p.

CIDASC. **Departamento Estadual de Defesa Vegetal – DEDEV.** Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (Cidasc). 2023. Disponível em: <https://www.cidasc.sc.gov.br/defesasaniariavegetal/legislacao/is/>. Acesso em: 28 nov. 2023.

FDA. **Releases FY 2020 Pesticide Residue Monitoring Report.** Food and Drug Administration (FDA), 2022. Disponível em: <https://bit.ly/3vat68J>. Acesso em: 07 fev 2024.

GONÇALVES, M.S. **Uso sustentável de pesticidas: análise comparativa entre a União Europeia e o Brasil.** 2016. 170f. Tese de Doutorado (Programa de Doutorado em Alterações Climáticas e Políticas de Desenvolvimento Sustentável) – Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/23971>. Acesso em: 07 fev 2024

INCA. **Agrotóxico.** Rio de Janeiro: Instituto Nacional do Câncer (INCA), 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/agrotoxico>. Acesso em: 28 nov. 2023.

LOPES, C.V.A.; ALBUQUERQUE, G.S.C. D. Desafios e avanços no controle de resíduos de agrotóxicos no Brasil: 15 anos do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.37, n.2, p.116-219, abr./2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00116219>

RUNTZEL, C.L.; GALVÃO, S.; PEREIRA, M.N.; SOARES, C.E.; SCUSSEL, V.M. Resíduos de agrotóxicos do grupo de ditiocarbamatos em maçãs (*Malus domestica* Borkh.) in natura no Brasil – 10 anos. **Pubvet**, v.11, n.5, p.1-8, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.22256/pubvet.v11n5.452-459>

# The potential for carbon dioxide sequestration in the biomass of the seaweed *Kappaphycus alvarezii* in the marine farms of Santa Catarina

Alex Alves dos Santos<sup>1</sup>, Luis Hamilton Pospissil Garbossa<sup>2</sup>

**Abstract** – The Federal Government of Brazil has developed the proposal for Project of Law No. 2148/15 to regulate the national carbon market, promoting the generation of national methodologies for quantifying greenhouse gases, adapted and adjusted to the species involved, the climate and the several Brazilian biomes. Seaweed occupy a prominent position among the species capable of absorbing CO<sub>2</sub>. For *Kappaphycus alvarezii*, the average captured C content is 1.7% of its live weight. Following the methodology proposed by the Intergovernmental Panel on Climate Change protocol, the volume of C and CO<sub>2</sub> sequestered by *K. alvarezii* in Santa Catarina was calculated based on three different scenarios. The CO<sub>2</sub> sequestration potential of marine farms in Santa Catarina, calculated from the average productivity of the state's first two harvests (2021/2022 and 2022/2023), was 2,292.71t harvest<sup>-1</sup> of CO<sub>2</sub> and 624.72t harvest<sup>-1</sup> of C. These results illustrate the importance of Santa Catarina in accessing this promising carbon credit market, boosting the profit of Santa Catarina's marine farms.

**Index terms:** *Kappaphycus alvarezii*; Algiculture; Carbon trading.

## Potencial de sequestro do dióxido de carbono na biomassa de macroalga *Kappaphycus alvarezii* nas fazendas marinhas de Santa Catarina

**Resumo** – O Governo Federal elaborou a proposta do Projeto de Lei Nº 2148/15, para regulamentar o mercado nacional de carbono e, com isso, promover a geração de metodologias nacionais para quantificação dos gases do efeito estufa, adaptadas e ajustadas às espécies envolvidas, ao clima e aos diversos biomas brasileiros. Dentre as espécies capazes de absorver CO<sub>2</sub>, as algas assumem posição de destaque. Para a *Kappaphycus alvarezii*, o teor médio de C capturado é de 1,7% de seu peso vivo. Seguindo a metodologia proposta pelo protocolo *Intergovernmental Panel on Climate Change*, foi calculado o volume de C e CO<sub>2</sub> sequestrado pela *K. alvarezii* em Santa Catarina, com base em 3 diferentes cenários. O potencial das fazendas marinhas catarinenses de sequestro de CO<sub>2</sub>, calculado a partir da média de produtividade das duas primeiras safras do Estado (2021/2022 e 2022/2023), foi de 2.292,71t safra<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> e de 624,72t safra<sup>-1</sup> de C. Esses resultados ilustram a importância de Santa Catarina em acessar esse promissor mercado de créditos de carbono, aumentando o lucro das fazendas marinhas catarinenses.

**Termos para indexação:** *Kappaphycus alvarezii*; Algicultura; Comércio de carbono.

## Introduction

The carbon credits (CC) market has become popular worldwide over the last decade and is growing rapidly, largely driven by greenhouse gases (GHG), which also impact global warming, promoting climate changes that are affecting the ecological balance that we know. This environmental and financial cost led to the creation of a mitigation market, the “carbon credits market”, which assigned a value to each ton of carbon that is no longer released into the atmosphere, rewarding those who help to remove carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) from the environment, generating CC that can be sold to companies and countries that have not reached their CO<sub>2</sub> reduction targets.

The carbon (C) market emerged from the Kyoto Protocol in 2005, which laid

the foundations for global C trade and, since then, analysts believe that it could become a new commodity. Although C emissions in Brazil are low when compared to other countries, the Brazilian scientific and political community has been discussing and learning about this new market, proposing public policies for its development, thus contributing to the reduction of CO<sub>2</sub>. Some experts believe that Brazil has billion-dollar potential to become a CC exporter, being able to generate approximately US\$100 billion in revenue by 2030, with emphasis on opportunities in the agricultural and energy sectors (CNA, 2023).

Brazilian legislation that regulates this market is still fragile and incomplete, but discussions and improvements are underway. In 2022, the Government issued a decree that intended to regulate the CC market in Brazil to export CC to

countries and companies that need to offset their emissions and comply with their commitments to reduce C emissions (Gomes, 2022). Based on this decree, a proposal for a bill to regulate the C market was drawn up and is under approval in the Federal Chamber, which in turn already has seven bills on the subject (PL 2148/15) to be voted on an urgent basis. The objective is to approve a final text and present it at the UN Conference on “Climate Change”, scheduled to take place in Belém/PA, in 2025, COP-30 (Oliveira, 2023). This legislative framework intends to create the “Brazilian Emissions Trading System”, in which companies would be regulated and receive emission quotas to be fulfilled. Those that emit less would have quotas related to avoided emissions and those that emit more would have to compensate within the regulated market or as part of the voluntary market.

Received on 08/02/2024. Accepted for publication on 08/07/2024.

Section editor: Márcio Sônego

<sup>1</sup> Agronomist, M.Sc., Epagri/ Aquaculture and Fisheries Development Center - CEDAP, Rod. Admar Gonzaga, 1188, 99034-901, Florianópolis, SC. E-mail: alex@epagri.sc.gov.br

<sup>2</sup> Civil engineer, Dr., Epagri/ Information Center for Environmental Resources and Hydrometeorology (CIRAM), Rod. Admar Gonzaga, 1347, 99034-901, Florianópolis, SC. E-mail: luisgarbossa@epagri.sc.gov.br

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i2.1815>

In addition to the regulatory system, another deficiency in Brazil is the establishment of methodologies for evaluating the amount of carbon captured to be transformed into CC. Although there are different valid, accredited, recognized and used methodologies worldwide for quantifying GHGs, they need to be adapted and adjusted to the biological characteristics of the species involved and the climatic characteristics of the different biomes; therefore, their “adaptation” is not as simple as it seems. Information and studies to enable the audit and certification procedures of the enterprises that join this process are lacking in Brazil. In this sense, the forestry sector is a little more developed, but agriculture has some additional challenges, as it is much more dynamic, facing great influence from climate, soil and management that affect carbon sequestration (CNA, 2023). If there are challenges for forests and agriculture, those of mariculture or marine crops are even greater, as CO<sub>2</sub> emissions originating from the activity are still little studied in worldwide, despite the importance of the oceans for life, as they cover more than 70% of the planet’s surface and are responsible 55% of the Earth’s oxygen production, through seaweed. This value of the oceans to the planet should be proportional to the volume of studies dedicated to it, but it is not!

## Carbon dioxide sequestration

Data from the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) reveal that the oceans can absorb up to 2 billion tons of CO<sub>2</sub> per year, though conflicts regarding estimates of this absorption exist (Windowati *et al.*, 2012). One of the reasons is the lack of sufficient annual production data for primary producers, including marine plants, and studies are needed to improve our understanding of the amount of carbon absorption by marine plants (Murakoa, 2004). In the last decade, studies have intensified and seaweed production has grown in volume and importance for C capture. The percentage of C capture varies between and within algal species (Sodak *et al.*, 2017). For *K. alvarezii*, the C content is 20.73 ± 1.73% of its dry weight (Windowati *et al.*, 2012; Viana, 2021). If we consider fresh seaweed, the C content is 1.6 to 1.8% of its weight (Windowati *et al.*, 2012; Viana, 2021). According to Sandok *et al.* (2017),

the productivity of *K. alvarezii* can reach 150t há<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, with a ratio between wet weight and dry weight of 10:1, that is, 10kg of live algae is equivalent to 1kg of dry algae. Considering that the wet weight has an average carbon percentage of 1.7% and considering a productivity of 150t há<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, we have: 150t há<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. Following the IPCC protocol for tracking changes in C stocks and to facilitate comparison between most other assessments, we express ecosystem C in terms of potential CO<sub>2</sub> emissions, obtained by multiplying C stocks by the factor 3.67, the molecular weight ratio of CO<sub>2</sub> to C (Pendleton *et al.*, 2012; Sodak *et al.*, 2017; Viana, 2021). Thus, 3.67 multiplied by 2.55t of fixed C há<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, leads to a CO<sub>2</sub> absorption of 9.36t há<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> by *K. alvarezii* (Sodak *et al.*, 2017; Viana, 2021).

Following the methodology presented above, proposed by Sodak *et al.* (2017) and used by Viana (2021), the volume of C and CO<sub>2</sub> sequestered by the macroalga *K. alvarezii*, was calculated in the 2021/2022 and 2022/2023 harvests, in 22 marine farms in Santa Catarina and the total potential of installed cultivation in the State, which totals 720 marine farms and totals 1,178.71ha, offered in tenders held in 2012 and 2013 by the Ministry of Fisheries and Aquaculture (Santos, 2014). Table 1 presents 3 projections of CO<sub>2</sub> sequestration and C production, based on 3 different productivity scenarios (S1, S2 and S3). S1 refers to the average productivity of the first two algae harvests in the State, which reached 31.32t há<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, with only 2.2 cultivation cycles, considered low, but justifiable, given the inexperience of producers and the atypical climatic conditions, with record rainfall volumes that devastated the state in 2022 and 2023. In 2022, in the months of November and December, rain fell for 120 hours, 613mm in Santo Amaro, 379mm in Florianópolis, 376mm in Palhoça, in addition to similar volumes in neighboring municipalities, resulting in an abrupt drop in salinity in the Southern Bay, the main algae producing area, causing mortalities that ranged from 80 to 90%, compromising the productivity of the first two state harvests (Santos *et al.*, 2023). The S2 refers to the productivity prospected in the studies by Santos *et al.* (2018) for SC of 21.50t há<sup>-1</sup> cycle<sup>-1</sup>, totaling 64.51t há<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, but with only 3 annual crop cycles. However, from 2018 to 2023, the expected projections for the coast of

Santa Catarina increased from 3 to 4 annual crop cycles and with this, the State could reach 86.01t há<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> (21.50t há<sup>-1</sup> cycle<sup>-1</sup> x 4 cultivation cycles). But in addition to the increase in cultivation cycles, the 2018 productivity data were obtained from small research units and needed to be compared with data from large-scale cultivation. For this reason, S3 relates to two producers who stood out with the highest productivity from 2020, with the beginning of commercial cultivation, when Epagri carried out harvest monitoring and identified productivity that varied from 120 to 135t há<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, with 32t há<sup>-1</sup> cycle<sup>-1</sup> or 70.4t há<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> on average, with 2.2 cultivation cycles, but extrapolated to 4 possible cultivation cycles, reaching 128t há<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> (Table 1).

Observing the data in Table 1, it can be seen that in the 2022/2023 harvest, the state average for CO<sub>2</sub> sequestration by *K. alvarezii* was 18.74t há<sup>-1</sup> and C was 0.53t há<sup>-1</sup>, with only 2.2 cultivation cycles (S1). In the coming years, these values should increase to 38.59t há<sup>-1</sup> of CO<sub>2</sub> and 1.10t há<sup>-1</sup> of C, considering 3 cultivation cycles (S2). However, it is important to highlight that these values can be even higher with the increase in producers’ experience, reaching 76.58t há<sup>-1</sup> of CO<sub>2</sub> and 2.18t há<sup>-1</sup> of C, as occurred with the two largest algae producers in Santa Catarina (S3).

With the data presented in Table 1, it was possible to calculate the installed capacity for C and CO<sub>2</sub> sequestration, by marine farms in Santa Catarina, using the current productivity of the 2022/2023 harvest (31.32t há<sup>-1</sup> há<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>), resulting in 624.72t year<sup>-1</sup> of C and 2,292.71t year<sup>-1</sup>. However, in the near future, considering 4 cultivation cycles and 128t há<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> as the average productivity of S3, the projection is that the C sequestration potential will reach 2,569.59t year<sup>-1</sup> and CO<sub>2</sub>, 9,430.39t year<sup>-1</sup> (Table 2).

## Final considerations

This article aimed only to address the ability of *K. alvarezii* to absorb CO<sub>2</sub>. The fate of the captured CO<sub>2</sub> was not the subject of this work. The results were obtained through a methodology proposed by foreign authors (Sodak *et al.*, 2017), but it is imperative that Brazil develop its own measurement methodologies, with scientific credibility, accreditation, subject to certification and audit, thus acquiring independence from

external certification agencies. It is in search of this knowledge that the State Government, through Epagri, and the Santa Catarina shellfish farmers intend to act, so that the production of *K. alvarezii* can be monetized, through environmental assets that the Brazilian C trade can provide to algae producers.

## References

CNA - CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. Apesar de bilionário, mercado de carbono exige “paciência” no Brasil. **CNA- Notícias**. 2022. Disponível em: file:///C:/Users/alex/Documents/Documentos/Bibliografias/Algas/Creditos%20de%20Carbono/CNA%202023\_Apesar%20de%20bilion%C3%A1rio,%20mercado%20de%20carbono%20exige%20%9Cpaci%C3%Aancia%E2%80%9D%20no%20Brasil.html. Acesso em: 13/11/2023.

GOMES, P.H. Governo edita decreto que regulamenta mercado de créditos de carbono no Brasil. **G1- Política**. 2022. Disponível em: https://g1.globo.com/politica/noticia/2022/05/19/governo-edita-decreto-que-regulamenta-mercado-de-creditos-de-carbono-no-brasil.ghtml. Acesso em: 13/11/2023.

MURAKOA, D. Seaweed resources as a source of carbono fixation. **Bull. Fish. Res.**

**Agen.**, v.1, p.59-63, 2004.

OLIVEIRA, J.C. Governo conclui proposta de regulamentação do mercado de carbono e espera aprovação até a COP-30. **Notícias- Meio ambiente e energia**, 2023. Disponível em: https://www.camara.leg.br/noticias/979585-GOVERNO-CONCLUI-PROPOSTA-DE-REGULAMENTACAO-DO-MERCADO-DE-CARBONO-E-ESPERA-APROVACAO-ATE-A-COP-30. Acesso em: 10/11/2023.

PENDLETON, L.; DONATO, D.C.; MURRAY, B.C.; CROOKS, S.; JENKINS, W.A.; SIFLEET, S.; CRAFT, C.; FOURQUIREAN, J.W.; KAUFFMAN, J.B.; MARBA, N.; MEGONIGAL, P.; PIDGEON, E.; HERR, D.; GORDON, D.; BALDERA, A. Estimating global blue carbon emission from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. **Plos one**, v.7, n.9, 2012. DOI: 10.1371/journal.pone.0043542

SANTOS, A.A. **Potencial de cultivo da macroalga *Kappaphycus alvarezii* no litoral de Santa Catarina**. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2014.

SANTOS, A.A.; DOROW, R.; ARAUJO, L.A.; HAYASHI, L. Socioeconomic analysis of the seaweed *Kappaphycus alvarezii* and mollusks (*Crassostrea gigas* and *Perna perna*) farming in Laguna State, Southern Brazil. **Custos e @gronegocio on line**, v.14, n.3, 2018.

SANTOS, A.A.; SILVEIRA JUNIOR, N.; HAYASHI, L. Efeito da precipitação pluviométrica sobre os cultivos comerciais da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em Santa Catarina. *In: AQUACIÊNCIA*, 10, 2023, Florianópolis, SC. **Anais[...]**. Florianópolis, 2023.

SONDAK, C.F.A.; ANG, P.O.; BEARDALL, J.; BELLGROVE, A.; BOO, S.M.; GERUNG, G.S.; HEPBURN, C.D.; HONG, D.D.; HU, Z.; KAWAI, H.; LARGO, D.; LEE, J.A.; LIM, P.; MAYAKUN, J.; NELSON, W.; OAK, J.H.; PHANG, S.; SAHOO, D.; PEERAPORNPI, Y.; YANG, Y.; CHUNG, I.K. Carbon dioxide mitigation potential of seaweed aquaculture beds (SABs). **Journal Applied Phycology**, v.29, p.2363-2373, 2017.

VIANA, D.B. Estimativa do potencial produtivo de bioetanol e da captura de carbono de *Kappaphycus alvarezii* na costa brasileira. *In: IV CONEPETRO E VI WEPETRO*, Online, 2012, Campina Grande, PB. **Anais[...]** Campina Grande, PB, 2012. p.1-13.

WINDOWATI, T.; PRAMONO, G.H.; RUSMANTO, A.; MUNAJATI, S.L. Spatial analysis: the effectiveness of seaweed as a catalyst for improving ecologic and economic qualities in Takalar water área, South Celebs. *In: PROCEEDINGS OF GLOBAL GEOESPATIAL CONFERENCE*, 2012, Québec, Canadá. **Proceedings[...]** Quebec, Canadá, 2012. p.1-11.

Table 1. Potential for C and CO<sub>2</sub> production by the macroalga *K. alvarezii*, based on production and productivity from the 2022/2023 harvest and research results, operating under three productivity scenarios, S1, S2, and S3 (see text)

Tabela 1. Potencial de produção de C e de CO<sub>2</sub> pela macroalga *K. alvarezii*, a partir da produção e das produtividades da safra 2022/2023 e de resultados de pesquisa, operando em 3 cenários de produtividade, S1, S2 e S3 (vide texto)

Safra	Produção (t)	Área (ha)	Ciclos de cultivo (nº)	Produtividade média (t ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> )	Produtividade média (t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	C alga	C (t/ha/ano)	C Total (t ano <sup>-1</sup> )	Fator de conversão de C em CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> (t/ha/ano)	CO <sub>2</sub> Total (t/ano)
S1 (2022/2023)	300,35	9,59	2,2	14,24	31,32	1,7%	0,53	5,11	3,67	18,74	179,71
S2 (Projetada)	300,35	9,59	3	21,50	64,50	1,7%	1,10	10,52	3,67	38,59	370,09
S3 (Projetada)	300,35	9,59	4	32,00	128,00	1,7%	2,18	20,87	3,67	76,58	734,45

Table values were rounded to two places after the decimal point.

Valores da tabela foram arredondados para duas casas após a vírgula.

Table 2. Potential for C and CO<sub>2</sub> sequestration by the macroalga *K. alvarezii* in 100% of marine farms in Santa Catarina, for the current and future harvests, considering the productivity by cultivation cycle of the current 2022/2023 harvest and the expected productivity by cultivation cycle

Tabela 2. Potencial do sequestro de C e CO<sub>2</sub> pela macroalga *K. alvarezii*, em 100% das fazendas marinhas de Santa Catarina, na safra atual e futura, considerando a produtividade por ciclo de cultivo da atual safra 2022/2023 e a produtividade esperada por ciclo de cultivo

Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	Parque Aquícola (ha)	C Fixado (t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	C Total fixado/safra (t ano <sup>-1</sup> )	Fator de conversão de C em CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> (t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	CO <sub>2</sub> Total fixado/safra (t ano <sup>-1</sup> )
Atual	1.178,71	0,53	624,72	3,67	2.292,71	2.702.438,81
Futura	1.178,71	2,18	2.569,59	3,67	9.430,39	11.115.691,73

# Potencial produtivo e qualidade de frutos do cultivar de macieira 'SCS1605 Serrana' conduzida sobre diferentes porta-enxertos

Mariuccia Schlichting De Martin, Alberto Fontanella Brighenti, Felipe Augusto Moretti Ferreira Pinto, Leonardo Araujo, Marcelo Couto e Cristiano João Arioli

**Resumo** – Este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial produtivo e a qualidade de frutos do cultivar de macieira SCS1605 Serrana sobre diferentes porta-enxertos na região de São Joaquim, SC. O trabalho foi conduzido nas safras 2019/2020 e 2020/2021, utilizando os porta-enxertos Marubakaido (Maruba; 1000 plantas ha<sup>-1</sup>) e Maruba com interenxerto (filtro) de M.9 (MB/M.9; 1667 plantas ha<sup>-1</sup>). Foram avaliados a produção e número de frutos por planta, produtividade estimada (t ha<sup>-1</sup>), massa média de frutos, índice de iodo-amido, firmeza de polpa, teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável e classificação em relação ao calibre e percentual de cor vermelha na casca. A macieira 'SCS1605 Serrana' apresentou alto potencial produtivo em ambas as safras, com produtividades superiores a 59,2 e 93,4t ha<sup>-1</sup> para as safras 2019/2020 e 2020/2021, respectivamente. O MB/M.9 proporcionou maior produtividade e calibre de frutos na safra 2019/2020. A utilização do MB/M.9 propiciou maiores teores de SS e percentuais de cor vermelha na casca em comparação ao Maruba. O cultivar SCS1605 Serrana apresenta elevado potencial produtivo na região de São Joaquim, com produtividades médias elevadas e alta qualidade de frutos, tanto para o porta-enxerto Maruba quanto para o MB/M.9.

**Termos para Indexação:** *Malus domestica*; Produtividade; Calibre; Maturação.

## Yield potential and fruit quality of apple SCS1605 Serrana grafted on different rootstocks

**Abstract** – The aim of this study was to evaluate the yield potential and fruit quality of the apple cultivar SCS1605 Serrana grafted on different rootstocks in the region of São Joaquim, SC. The work was carried out in the 2019/2020 and 2020/2021 harvest seasons, using the rootstocks Marubakaido (Maruba; 1000 plants ha<sup>-1</sup>) and Maruba with M.9 interstem (MB/M.9; 1667 plants ha<sup>-1</sup>). Yield and number of fruits per tree, estimated yield (t ha<sup>-1</sup>), fruit mass, starch index, flesh firmness, soluble solids (SS) content and titratable acidity were evaluated. The fruits were also classified by size and percentage of red color in the skin. The cultivar SCS1605 Serrana showed high yield potential in both harvest seasons, with estimated yields above 59.2 and 93.4t ha<sup>-1</sup> for the 2019/2020 and 2020/2021 seasons, respectively. The rootstock MB/M.9 provided higher yield and fruit caliber in the 2019/2020 seasons. The MB/M.9 provided higher levels of SS and percentages of red color in the skin compared to Maruba. The cultivar SCS1605 Serrana has a high yield potential in the region of São Joaquim, with high yields and fruit quality, for both Maruba and MB/M.9 rootstocks.

**Index Terms:** *Malus domestica*; Productivity; Caliber; Maturity.

Apesar de o Brasil estar entre os maiores produtores mundiais de maçã (*Malus domestica* Borkh.), praticamente toda a produção está restrita a dois únicos cultivares ('Gala' e 'Fuji'), o que faz com que haja risco frente às condições climáticas, biológicas e também econômicas (Denardi *et al.*, 2020). Há muitos anos, a pesquisa procura desenvolver cultivares que atendam às exigências

das principais regiões produtoras do estado de Santa Catarina. Dentre os cultivares recentemente lançados está a macieira 'SCS1605 Serrana'. O cultivar é originário do cruzamento entre 'Gala' e a seleção de macieira D1R98T188, a qual foi utilizada como parental por carregar o gene Vf, que confere resistência à sarna da macieira.

Dentre as principais características,

o cultivar SCS1605 Serrana apresenta resistência à sarna da macieira, que é uma das principais doenças da cultura, proporcionando redução dos custos de produção devido ao menor número de aplicações de fungicidas, evitando a contaminação dos produtores e reduzindo o risco para o meio ambiente. O período de colheita do cultivar SCS1605 Serrana ocorre normalmente

Recebido em 05/12/2023. Aceito para publicação em 20/05/2024.

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i2.1786>

Editor de seção: Virgílio Gavicho Uarrota

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Pesquisador, Epagri/Estação Experimental de São Joaquim, Rua João Araújo Lima, 102, Bairro Jardim Caiçara, 88600-000 São Joaquim, SC, Brasil, fone (49) 3233-8448, e-mail: mariucciamartin@epagri.sc.gov.br, felipepinto@epagri.sc.gov.br, leonardoaraujo@epagri.sc.gov.br, cristianoarioli@epagri.sc.gov.br.

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Professor, UFSC/Centro de Ciências Agrárias, Rodovia Ademir Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, 88040-900 Florianópolis, SC, Brasil, fone (48) 3721-5324, e-mail: alberto.brighenti@ufsc.br.

<sup>3</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Pesquisador, Epagri/Estação Experimental de Caçador, Rua Abílio Franco, 1500, Bairro Bom Sucesso, 89501-032 Caçador, SC, Brasil, fone (49) 3561-6811, e-mail: marcelocouto@epagri.sc.gov.br.

na última semana de fevereiro e na primeira quinzena de março, após a colheita de 'Gala' e antes de 'Fuji', sendo uma opção para escalonar a colheita. Apesar de ser considerado suscetível ao cancro europeu, o 'SCS1605 Serrana' apresenta resistência parcial à mancha foliar de *Glomerella*, sendo menos suscetível à doença que 'Gala'. A perda de firmeza do cultivar pode ser considerada de média a baixa, conferindo potencial de armazenagem e tempo de prateleira superiores ao de 'Gala'.

A produção atual de maçãs no Brasil está alicerçada no uso dos porta-enxertos Marubakaido (Maruba) e Maruba com interenxerto (filtro) do ananizante M.9 (MB/M.9), especialmente nos locais de maior altitude, como é o caso da região de São Joaquim, onde os solos são pouco profundos. O Maruba é considerado vigoroso e apresenta resistência à podridão de colo e tolerância ao pulgão lanígero, com alta adaptação a diferentes condições de solo. Já a combinação MB/M.9 tem possibilitado maior adensamento dos pomares, sendo uma alternativa para reduzir o vigor excessivo das plantas (Denardi *et al.*, 2015; Pasa *et al.*, 2016). Além do vigor e do potencial produtivo, o porta-enxerto também pode afetar atributos associados à qualidade dos frutos, como calibre, coloração, firmeza de polpa, acidez titulável (AT), teor de sólidos solúveis (SS), entre outros (Corrêa *et al.*, 2012; Pasa *et al.*, 2016).

Para que a maçã 'SCS1605 Serrana' apresente potencial para ser plantada em maior escala, se faz necessária a divulgação de uma série de informações, tanto para validar o seu lançamento como cultivar, quanto para despertar o interesse da cadeia produtiva e possibilitar o seu manejo adequado. Dentre essas informações, é necessário caracterizar o potencial produtivo deste cultivar sobre os principais porta-enxertos utilizados. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial produtivo e a qualidade de frutos do cultivar de macieira SCS1605 Serrana sobre os porta-enxertos Maruba e MB/M.9 na região de São Joaquim.

O trabalho foi conduzido na Estação Experimental de São Joaquim da Epagri, situada no município de São Joaquim, SC (28°17'39"S, 49°55'56"W, a 1.415m

de altitude), nas safras 2019/2020 e 2020/2021, utilizando um pomar implantado no ano de 2009. Foram avaliados dois porta-enxertos: Maruba, com espaçamento de 2m entre plantas e de 5m entre linhas (densidade de 1.000 plantas ha<sup>-1</sup>); e MB/M.9 (interenxerto de 20cm), com espaçamento de 1,5m entre plantas e de 4m entre linhas (densidade de 1.667 plantas ha<sup>-1</sup>). As plantas foram conduzidas no sistema de líder central e as polinizadoras utilizadas foram os cultivares Monalisa e Joaquina. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com 10 repetições (parcelas) com dois tratamentos (porta-enxertos). Cada parcela foi constituída por uma planta útil e cada safra foi avaliada de maneira independente.

Durante a colheita, todos os frutos das plantas avaliadas foram colhidos, contabilizados e tiveram sua massa mensurada. Com esses dados, foram calculados: a produção por planta (kg); o número de frutos por planta; a produtividade estimada (t ha<sup>-1</sup>) e a massa média de frutos (g). As maçãs colhidas foram ainda classificadas em relação ao calibre, utilizando uma máquina classificadora modelo MSW-8 (Iseki®, Tóquio, Japão), a qual dividiu os frutos em cinco classes de calibre: >190g (muitos grandes), 161 – 190g (grandes), 131 – 160g (médios), 101 – 130g (pequenos) e <100g (muito pequenos). Os frutos foram ainda classificados em relação ao percentual de cobertura de cor vermelha na casca, por meio de análise visual subjetiva, sendo separados em três categorias: 1) 75-100%; 2) 50- 75%; 3) 20-50%. Esses valores de referência foram utilizados para classificação de maçãs nas categorias Extra, Cat 1 e Cat 2 ou inferior.

Imediatamente após a colheita, foi realizada uma caracterização inicial para determinação dos atributos de maturação dos frutos. O índice de iodo-amido foi determinado por meio da comparação do escurecimento da metade peduncular dos frutos tratados com solução de iodo, com uma escala de 1 a 10, onde o índice 1 indica o teor máximo de amido (fruto imaturo) e o índice 10 representa o amido totalmente hidrolisado (fruto completamente maduro). A firmeza de polpa (N) foi determinada na região equatorial dos frutos, em pontos

opostos, após a remoção de uma pequena porção da epiderme, com auxílio de um penetrômetro eletrônico (GÜSS Manufacturing Ltd, Cidade do Cabo, África do Sul), equipado com ponteira de 11,0mm de diâmetro. Os valores de AT (% ácido málico) foram obtidos através de uma amostra de 5mL de suco, extraída de fatias dos frutos. Esta amostra foi titulada com solução de NaOH 0,1 N, utilizando, para tanto, o indicador ácido-base azul de bromotimol. Os teores SS (°Brix) foram determinados em um refratômetro digital modelo PR201α (Atago®, Tóquio, Japão), utilizando uma alíquota do suco obtido para a quantificação da AT.

Os dados foram submetidos à análise de variância (Anova), a 5% de probabilidade de erro. Dados em porcentagem foram transformados pela fórmula arco seno  $\sqrt{x}/100$  antes de serem submetidos à Anova.

Em ambos os anos, a macieira 'SCS1605 Serrana' apresentou maior produção por planta e maior número de frutos sob o porta-enxerto Maruba em comparação ao MB/M.9 (Tabela 1). Esse resultado pode ser considerado esperado, uma vez que para o Maruba é considerado um porta-enxerto mais vigoroso e estava em uma menor densidade de plantas em comparação ao MB/M.9.

O cultivar SCS1605 Serrana apresentou elevado potencial produtivo, com produtividades médias superiores a 59,2 e 93,4t ha<sup>-1</sup> para as safras 2019/2020 e 2020/2021, respectivamente (Tabela 1). Esses valores são muito superiores em relação à média brasileira de produtividade de maçãs, que na safra 2020/2021 foi de 39,8t ha<sup>-1</sup> (Goulart Junior, 2022). A produtividade estimada e a massa média de frutos foram mais elevadas no MB/M.9 em relação ao Maruba na safra 2019/2020. Porta-enxertos menos vigorosos proporcionam uma melhor interceptação luminosa, devido à melhor arquitetura da copa, o que pode otimizar a taxa fotossintética e favorecer o acúmulo de carboidratos nos frutos em função da menor demanda de fotoassimilados para o crescimento de ramos e folhas (De Martin *et al.*, 2022). Para a safra 2020/2021, a macieira 'SCS1605 Serrana' apresentou produtividades elevadas em ambos os porta-enxertos e frutos de excelente massa média (acima de

150g), não sendo observadas diferenças entre o Maruba e MB/M.9 para essas variáveis.

Para a safra 2019/2020, o MB/M.9 proporcionou maior percentual de frutos considerados como grandes e muito grandes, bem como menor percentual de frutos considerados muito pequenos em comparação ao Maruba (Figura 1).

Na safra 2020/2021, 55% dos frutos para o Maruba e 61% para o MB/M.9 foram classificados como grandes ou muito grandes, com massa média acima de 161g (Figura 1). Para essa mesma safra, o Maruba proporcionou maiores percentuais de frutos muito pequenos em comparação ao MB/M.9, não diferindo, contudo, para as demais classes de calibre.

Em relação à coloração dos frutos, para as duas safras avaliadas, o porta-enxerto MB/M.9 proporcionou maior percentagem de maçãs com mais de

75% da casca recoberta pela coloração vermelha (Figura 1). Na safra 2019/2020, um maior percentual de frutos na faixa de 50 - 75% de coloração vermelha foi observado nas plantas enxertadas sobre o Maruba. A maior produtividade e a percentagem de cor vermelha nos frutos provenientes do MB/M.9 podem estar relacionadas com o vigor das plantas, uma vez que porta-enxertos menos vigorosos possuem maior interceptação de luz solar no dossel das plantas, favorecendo a produtividade e o desenvolvimento e a qualidade dos frutos (Bartnicki, 2014). É importante considerar que a cor vermelha na casca de maçãs é resultado da síntese de antocianinas, e esse processo é altamente dependente da luz.

Não houve diferença para o índice de iodo-amido, em ambas as safras avaliadas (Tabela 2). Para a safra 2019/2020, a firmeza de polpa foi superior em fru-

tos provenientes de plantas enxertadas sobre o MB/M.9. Na safra 2020/2021, não foram observadas diferenças na firmeza de polpa dos frutos. A AT foi mais elevada em frutos provenientes do MB/M.9 na safra 2019/2020. Todavia, na safra 2020/2021, o Maruba proporcionou uma AT maior em comparação ao MB/M.9. A utilização do MB/M.9 resultou em frutos com teores de SS mais elevados em comparação ao Maruba em ambas as safras avaliadas.

Em maçãs 'Imperial Gala' e 'Fuji Mishima', em quatro safras na região de São Joaquim, o teor de SS, de modo geral, foi maior em frutos oriundos de plantas com porta-enxertos menos vigorosos (Pasa *et al.*, 2016). Corrêa *et al.* (2012) verificaram que o porta-enxerto Maruba com interenxerto de M.9 proporcionou maçãs 'Fuji' com maior teor de SS após o armazenamento em atmosfera controlada em comparação ao Maruba. Porta-enxertos menos vigorosos proporcionam melhor interceptação luminosa devido à melhor arquitetura da copa, o que pode otimizar a taxa fotossintética e favorecer o acúmulo de carboidratos nos frutos em função da menor demanda de fotoassimilados para o crescimento de ramos e folhas.

O cultivar SCS1605 Serrana apresenta elevado potencial produtivo na região de São Joaquim, com produtividades elevadas e alta qualidade de frutos, tanto para o porta-enxerto Maruba quanto para o Maruba com filtro de M.9. Estudos posteriores deverão avaliar o comportamento do novo cultivar também sobre outros porta-enxertos, bem como verificar o potencial produtivo em diferentes locais.

Por permitir maior adensamento nos pomares, o Maruba com filtro de M.9 pode proporcionar maior produtividade para a macieira 'SCS1605 Serrana' em relação ao Maruba. A utilização do Maruba com filtro de M.9 melhora a coloração e aumenta o teor de SS dos frutos de maçãs 'SCS1605 Serrana' em comparação ao Maruba.

## Agradecimentos

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

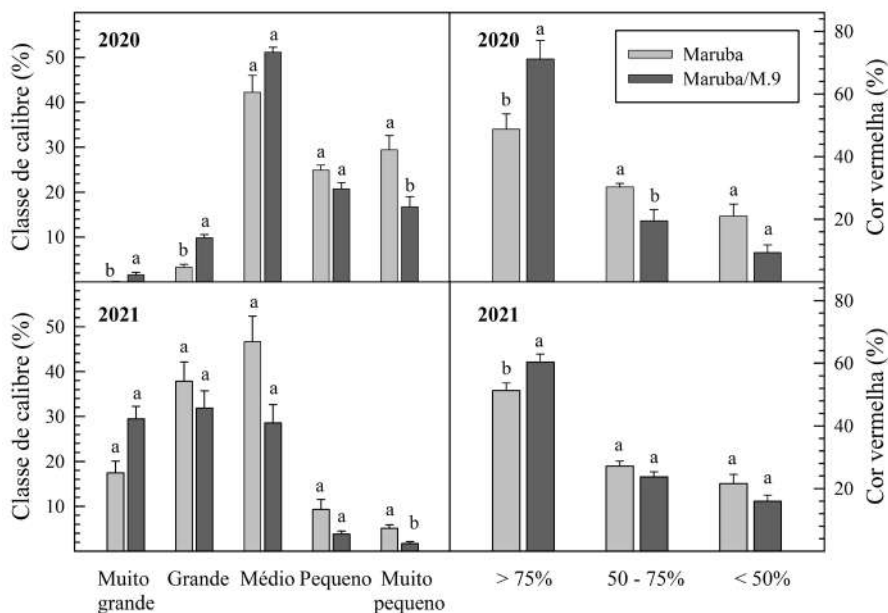


Figura 1. Classificação de frutos de macieira 'SCS1605 Serrana' sob os porta-enxertos Maruba e Maruba com filtro de M.9 (Maruba/M.9) em relação ao percentual de frutos por classe de calibre e percentual de cor vermelha na casca. Barras verticais representam o erro padrão da média. Médias seguidas por letras distintas diferem si pela Anova ( $p < 0,05$ ). As classes de calibre muito grande, grande, médio, pequeno e muito pequeno corresponderam a >191, 161 – 190, 131 – 160, 101 – 130 e <100g, respectivamente. São Joaquim, SC, safras 2019/2020 e 2020/2021

Figure 1. Classification of fruits of 'SCS1605 Serrana' apple grafted on Maruba and Maruba with M.9 interstem (Maruba/M.9) regarding of percentage of fruits by size class and percentage of red color in the skin. Vertical bars represent the standard error of the average. Means followed by different letters differ from each other by the Anova ( $p < 0.05$ ). The very large, large, medium, small and very small caliber classes corresponded to >191, 161 – 190, 131 – 160, 101 – 130 and <100g, respectively. São Joaquim, SC, 2019/2020 and 2020/2021 harvest seasons

Tabela 1. Produção por planta, produtividade estimada, número de frutos e massa média de frutos de macieiras ‘SCS1605 Serrana’ produzidas sobre diferentes porta-enxertos. São Joaquim, SC, safras 2019/2020 e 2020/2021

Table 1. Production per tree, estimated yield, number of fruits and average fruit mass of ‘SCS1605 Serrana’ apple trees grafted on different rootstocks. São Joaquim, SC, 2019/2020 and 2020/2021 seasons

Porta-enxerto	Produção (kg planta <sup>-1</sup> )	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	Número de frutos	Massa média de frutos (g)
Safr 2019/2020				
Maruba	59,2	59,2	543,4	109,3
Maruba/M.9	43,1	71,8	349,4	123,4
Probabilidade	0,010	0,041	0,003	0,019
CV (%)	10,8	10,2	10,6	5,0
Safr 2020/2021				
Maruba	95,4	95,4	622,6	153,7
Maruba/M.9	55,8	93,1	335,4	167,2
Probabilidade	0,012	ns	0,013	ns
CV (%)	18,8	20,7	22,1	5,5

ns: não significativo a 5% de probabilidade.

ns: not significant at 5% probability.

Tabela 2. Índice de iodo-amido, firmeza de polpa, sólidos solúveis e acidez titulável dos frutos do cultivar SCS1605 Serrana em diferentes porta-enxertos no município de São Joaquim, SC, na safra 2019/2020

Table 2. Starch index, flesh firmness, soluble solids content and titratable acidity of fruits of ‘SCS1605 Serrana’ apple grafted on different rootstocks in São Joaquim, SC, in 2019/2020 and 2020/2021 seasons

Porta-enxerto	Índice de amido (1 - 10)	Firmeza de polpa (N)	Sólidos Solúveis (°Brix)	Acidez Titulável (%)
Safr 2019/2020				
Maruba	7,46	85.76	13,45	0,747
Maruba/M.9	7,02	93.72	14,65	0,969
Probabilidade	ns	0,0028	0,0115	0,0093
CV (%)	5,5	1,4	2,2	6,1
Safr 2020/2021				
Maruba	9,15	76.29	12,00	0,617
Maruba/M.9	9,47	75.93	13,42	0,563
Probabilidade	ns	ns	0,0183	0,0342
CV (%)	2,2	1,7	3,4	3,5

ns: não significativo a 5% de probabilidade.

ns: not significant at 5% probability.

## Referências

BARTNICKI, V.A. **Maturação e qualidade na colheita e potencial de armazenamento de maçãs clones mutantes de ‘Gala’ sobre dois porta-enxertos.** 2014. 102p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agroveterinárias/UEDESC, Lages, SC, 2014.

CORRÊA, T.R.; STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; TANAKA, H.; STANGER, M.C.; BRACKMANN, A.; ERNANI, P.R. Composição mineral, qualidade e degenerescência de polpa de maçãs ‘Fuji’ em diferentes porta-enxertos durante armazenamento em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.1, p.33-40, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000100007>.

DE MARTIN, M.S.; MACEDO, T.A.; STEFFENS, C.A.; SOETHE, C.; HEINZEN, A.S.; RUFATO, L. Postharvest quality of apples from ‘Maxi Gala’ trees grafted on different rootstocks. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.21, n.3, p.229-237, 2022. Doi: <https://doi.org/10.5965/223811712132022229>.

DENARDI, F.; KVITSCHAL, M.V.; BASSO, C.; BONETI, J.I.S.; KATSURAYAMA, Y. Desempenho agrônomo de porta-enxertos de macieira da série americana ‘Geneva’ no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.37, n.1, p.104-111, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-438/14>.

DENARDI, F.; KVITSCHAL, M.V.; HAWERROTH, M.C.; ARGENTA, L.C. SCS427 Elenise: macieira de maturação tardia, boa conservação e resistente à Mancha Foliar de Glomerella. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.33, n.2, p.32-36, 2020. Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v33i2.537>.

GOULART JUNIOR, R. Maçã. In: EPAGRI/CEPA. **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina 2020-2021.** Florianópolis: Epagri/Cepa, p.59-68, 2022.

PASA, M.S.; KATSURAYAMA, J.M.; BRIGHENTI, A.F.; ARAÚJO FILHO, J.V.; BONETI, J.I.S. Desempenho de macieiras Imperial Gala e Mishima Fuji em diferentes porta enxertos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.1, p.17-26, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000100003>.



# Tolerância à geada de forrageiras perenes estivais na Região Sul do Brasil

Cleverson Antonio Sbruzzi<sup>1</sup>, Gustavo Krahl<sup>2</sup> e Daniel Augusto Barreta<sup>3</sup>

**Resumo** – Em regiões de clima subtropical, como o Sul do Brasil, é bastante comum em sistemas de produção animal à base de pastagens a adoção de cultivares perenes de verão. Dentre as características desejáveis para estes cultivares, é fundamental que apresentem tolerância ao frio, o que garante a perenidade da espécie na área. O objetivo deste trabalho foi avaliar quais cultivares ou espécies forrageiras perenes de verão toleram melhor as condições de inverno em uma região de clima subtropical. Dez cultivares forrageiras foram avaliadas quanto ao dano da geada nas folhas e o percentual de retorno dos perfilhos em 30, 60, 90 e 120 dias após a última geada. As espécies dos gêneros *Megathyrsus* (Syn. *Panicum*) e *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) apresentaram os maiores percentuais de danos pela ação da geada, enquanto a espécie de missioneira-gigante e os cultivares Prima e Tifton 85 apresentaram o menor percentual de dano. Os cultivares Braúna e Mavuno não apresentaram retorno do perfilhamento após o período frio. Apesar de algumas espécies serem consideradas como “tolerantes ao frio”, a ausência de experimentos em locais específicos, pode incorrer no estabelecimento de cultivares em regiões nas quais a presença de geada pode comprometer a perenidade.

**Termos para indexação:** Perfilhamento; Rebrote; Tolerância ao frio.

## Frost tolerance in summer perennial forages in the Southern Region of Brazil

**Abstract** – In regions with a subtropical climate, like the Southern region of Brazil, it's common to use summer perennial cultivars in pasture-based animal production systems. These cultivars need to be cold-tolerant to survive in the area. This study aimed to assess which summer perennial forage cultivars or species can better withstand winter conditions in a subtropical climate. Ten forage cultivars were evaluated for frost damage on leaves and the percentage of tiller regrowth at 30, 60, 90, and 120 days after the last frost. Species from the genera *Panicum* (Syn. *Megathyrsus*) and *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*) showed the highest percentages of frost damage, while the mission grass and the cultivars Prima and Tifton 85 showed the lowest percentage of damage. The cultivars Braúna and Mavuno did not exhibit tiller regrowth after the cold period. Even though some species are considered "cold-tolerant," the lack of experiments in specific locations may lead to the planting of cultivars in regions where frost could affect their long-term viability.

**Index terms:** Tillering; Regrowth; Cold tolerance.

O clima subtropical úmido com verões quentes ou amenos (Cfa ou Cfb) é característico por apresentar ausência de estação seca e uma considerável variação de temperatura ao longo do ano. Esta condição é encontrada em diversas áreas do planeta, incluindo Nova Zelândia, França, Inglaterra e parte dos Estados Unidos, Argentina, Uruguai, Brasil e a costa da Austrália (Peel *et al.*, 2007). Essas regiões são destaques no cenário da produção pecuária mundial e possuem o pasto como fonte primária de alimentação. No Brasil, o clima subtropical corresponde a 9% do território nacional e está localizado na Região Sul. Esta condição permite que os pecuaristas cultivem espécies forrageiras estivais e hibernais (Sbrissia *et al.*, 2017).

Em se tratando de espécies estivais, é fundamental que os cultivares utilizados apresentem alto potencial de produção de biomassa, além de capacidade de adaptação às condições edafoclimáticas, principalmente em relação à ocorrência de geadas. Estes atributos têm sido objeto de pesquisa de programas de melhoramento genético e muitos avanços têm sido feitos na seleção de genótipos que aliem estas características, como por exemplo, no gênero *Paspalum* (Motta *et al.*, 2017).

Apesar disso, embora não se tenham dados precisos para toda a Região Sul do Brasil, espécies nativas, como aquelas que compõem o campo nativo, têm sido implantadas com menor frequência, enquanto o cultivo de gêne-

ros como *Megathyrsus* e *Urochloa* tem sido mais comum (Jochims *et al.*, 2017). Contudo, são escassas na literatura informações técnicas que avaliem a resistência destas espécies perenes de verão em condições de clima subtropical, especialmente no primeiro ano de cultivo. É relativamente comum observar, nos informativos técnicos de cultivares, materiais genéticos como “tolerantes a baixas temperaturas”. Entretanto, o termo referido é ambíguo, uma vez que muitos dos locais onde os experimentos foram conduzidos estão em regiões de clima tropical e dificilmente apresentam ocorrência de geadas (Hare *et al.*, 2013).

O objetivo deste trabalho foi avaliar quais cultivares ou espécies forrageiras perenes de verão toleram melhor as

Recebido em 28/02/2024. Aceito para publicação em 03/06/2024.

Editora de seção: Vanessa Ruiz Favaro

<sup>1</sup> Zootecnista, Unoesc - Xanxerê, e-mail: cleverson99sbruzzi@gmail.com

<sup>2</sup> Zootecnista, Dr., Vilomix Brasil, Rodovia BR 282 - KM 561 Área Industrial, Nova Itaberaba, SC, 89818-000, e-mail: gustavo.zootecnista@live.com

<sup>3</sup> Zootecnista, Dr., Unoesc - Xanxerê, R. Dirceu Giordani, 696 - Jardim Tarumã, Xanxerê, SC, 89820-000, e-mail: da.barreta@unoesc.edu.br

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i2.1826>

condições de inverno em uma região de clima subtropical. O experimento foi conduzido em Vargeão, SC, município localizado a 26° 46' 53" de latitude S, 52° 7' 52" de longitude W e 800 metros de altitude. O clima do local, segundo a classificação de Koeppen, é subtropical úmido com verões quentes (Cfa). A seleção das espécies para avaliação ocorreu em função da frequência de uso no Oeste Catarinense (Jochims *et al.*, 2017). As espécies e cultivares utilizados foram: Áries (*Megathyrsus maximum*), Aruana (*Megathyrsus maximum*), Braúna (*Urochloa brizantha*), Paredão (*Megathyrsus maximum*), Prima (*Pennisetum glaucum* L. x *Pennisetum purpureum* Schum.), Mavuno (*Urochloa ruziziensis* x *Urochloa brizantha*), MG-5 Xaraés (*Urochloa brizantha*), Tangola (*Urochloa arrecta* x *Urochloa mutica*), Tifton 85 (*Cynodon* spp.) e missioneira-gigante SCS315 Catarina Gigante (*Axonopus catarinensis*).

As espécies foram implantadas em dezembro de 2021 em unidades experimentais de 2m<sup>2</sup>, distribuídas em um delineamento experimental de blocos completos casualizados com quatro repetições por tratamento (Figura 1). Durante os meses de janeiro a maio de 2022, a área foi manejada com roçadas mecânicas, utilizando como meta a altura recomendada de manejo para cada cultivar ou espécie e aplicada uma severidade de desfolhação de 50% da altura, conforme recomendado por Sbrissia *et al.* (2017).

Em meados de maio foi determinada a densidade populacional de perfilhos (DPP) das espécies, considerada como DPP "padrão". A partir deste momento os tratamentos não voltaram a alcançar a altura de manejo antes do inverno. A temperatura do local foi registrada por termômetro de mínima e máxima localizado na altura do dossel forrageiro. As geadas que ocorreram no período de avaliação foram classificadas conforme a proposição de Araújo *et al.* (2012): geada fraca (entre 0 e -2°C) e geada moderada (entre -2,1 e -4°C). Durante a estação fria ocorreram oito geadas fracas (12/06, 13/06, 30/06, 01/07, 18/07, 31/07, 19/08, 24/09) e uma moderada (19/06). As avaliações dos danos da geada nas folhas foram realizadas sete dias após cada evento. Entretanto, em apenas duas avaliações foi constatado



Figura 1. Vista parcial da área experimental após o estabelecimento das espécies forrageiras

Foto: Cleverson A. Sbruzzi

Figure 1. Partial view of the experimental area after the establishment of forage species

Photo: Cleverson A. Sbruzzi

algum efeito da geada na comunidade de plantas. Nessas ocasiões, as folhas de cinco perfilhos foram avaliadas de forma visual, conforme a metodologia proposta por Krahl e Marocco (2019) (Figura 2), onde era determinado o nível de dano na folha numa relação de área verde-crestada.

A contagem do número de perfilhos foi realizada especificamente, 30, 60, 90 e 120 dias após a última geada (24/09). Nessas avaliações, a DPP foi comparada com o número de perfilhos do outono, com o objetivo de estimar o percentual de recuperação da população. Os dados foram submetidos à análise de variância (Anova) e, quando significativas ( $p < 0,05$ ), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade por meio do pacote *emmeans* do soft-

ware estatístico R (R Core Team, 2020).

O percentual de dano das folhas em função da geada diferiu entre as espécies ( $p < 0,05$ ) (Tabela 1). A espécie missioneira-gigante apresentou o menor percentual de dano entre os genótipos em ambas as avaliações, não diferindo ( $p > 0,05$ ) do cultivar Prima. Resultados semelhantes foram encontrados por Krahl e Marocco (2019) que descreveram o alto potencial de tolerância da missioneira-gigante à geada. Embora os resultados demonstrem que o cultivar Prima tenha apresentado menor dano de geada no tecido foliar, não foi encontrado nenhum outro resultado na literatura que ateste esse fato, possivelmente porque se trata de um cultivar híbrido desenvolvido recentemente no Brasil. As espécies dos gêneros *Megathyrsus* e

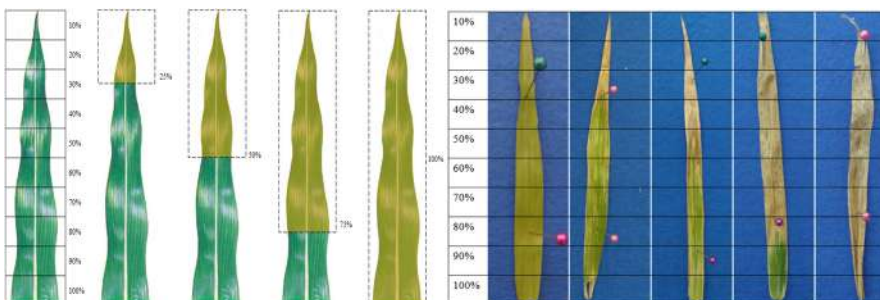


Figura 2. Padrão de avaliação do dano por geada nas lâminas foliares sete dias após a ocorrência do evento climático

Fonte: Krahl & Marocco (2019)

Figure 2. Evaluation pattern of frost damage on leaf blades seven days after the climatic event occurrence

Source: Krahl & Marocco (2019)

*Urochloa* apresentaram os maiores percentuais de danos pela ação da geada.

Em relação ao perfilhamento das espécies, foi verificado o percentual de retorno do número de perfilhos em relação a DPP original (Tabela 1). Constatou-se que com exceção dos cultivares Braúna e Mavuno que não resistiram ao frio, e a MG-5 que apresentou recuperação inferior a 50% da DPP prévia, as demais espécies tiveram o retorno (parcial ou total) dos perfilhos a partir dos 60 dias após a última geada. Mesmo que os dados de produção de matéria seca não tenham sido avaliados, o incremento nos valores de DPP estão associados a recuperação do potencial fotossintético do dossel, assim se estima que esta recuperação esteja associada ao potencial acúmulo de forragem (Barreta *et al.*, 2023).

Os cultivares Braúna e Mavuno apresentaram baixa tolerância ao frio, e as plantas não apresentaram rebrote após a estação fria. Os resultados do presente estudo contrariaram as informações comerciais vinculadas a estes cultivares, que indicam tolerância ao frio “moderada”. Os testes realizados pelas empresas detentoras dos materiais, normalmente são conduzidos em regiões de clima tropical, onde o desafio de baixas temperaturas não significa necessariamente a ocorrência de geada (Boss *et al.*, 2021).

Essa ambiguidade quanto a inferências de “tolerância ao frio” pode incorrer ao posicionamento das espécies em regiões não propícias para o seu uso.

A espécie missioneira-gigante, o cultivar Prima e Tifton 85 apresentaram maior tolerância ao frio, enquanto as espécies dos gêneros *Megathyrus* e *Urochloa* apresentam limitações para algumas regiões de clima Cfa quando o objetivo é o retorno rápido dos perfilhos após o período de inverno.

## Referências

ARAÚJO, C.E.S.; MASSIGNAM, A.M.; BORGES, R.C. Previsão de geada em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v.25, n.1, p. 87–90, 2012. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/643> Acesso em: 14 fevereiro 2024.

BARRETA, D.A.; WINTER, F.L.; GISLON, F.C.S.; SOLLENBERGER, L.E.; SBRISSIA, A.F. Managing a mixed sward to maintain species and functional diversity. **European Journal of Agronomy**, v.149, 126883, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126883>

BOSS, L.; ARBOITTE, M.Z.; THUROW, J. M.; CERDOTES, L.; OLIVEIRA, F. de; ANASTÁCIO, M. D. Proteína bruta de forrageiras tropicais no inverno an-

tes e após ocorrência de geada na região do extremo Sul Catarinense. **Brazilian Journal of Development**, v.7, p.14011-14022, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-157>

HARE, M.D.; PHENGPHE, S.; SONGSIRI, T.; SUTIN, N.; STERN, E. Effects of cutting interval on the yield and quality of two *Panicum maximum* cultivars Thailand. **Tropical Grasslands**, v.47, p.87-89, 2013. DOI: [https://doi.org/10.17138/tgft\(1\)87-89](https://doi.org/10.17138/tgft(1)87-89)

JOCHIMS, F.; SILVA, A.W.L da; PORTES, V.M. Espécies forrageiras mais utilizadas em pastagens na Região Oeste de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v.30, n.3, p.15-18, 2017. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/195/140>. Acesso em: 14 fevereiro 2024.

KRAHL, G.; MAROCCO, D. H. Manejo para a recuperação de forrageiras perenes estivais a danos por geadas. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.9, n.3, p.78-86, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21206/rbas.v9i3.8144>

MOTTA, E.A.M. da; DALL’AGNOL, M.; PEREIRA, E.A.; MACHADO, J. M.; SIMIONI, C. Forage value of superior interspecific hybrids of *Paspalum*. **Revista Ciência Agrônômica**, v.48, p.191–198, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170022>

PEEL, M.C.; FINLAYSON, B.L.; McMACHON, T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, **Hydrology and Earth System Sciences**, v.11, p.1633–1644, 2007. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. URL <https://www.R-project.org/>

SBRISSIA, A.F.; DUCHINI, P.G.; ECHEVERRÍA, J.R.; MIQUELOTO, T.; BERNARDON, A.; AMÉRICO, L.F. Produção animal em pastagens cultivadas em regiões de clima temperado da América Latina. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.25, n.1-2, p.47-60, 2017. Disponível em: [https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs\\_files/article/view/2568/1007](https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/2568/1007). Acesso em: 15 fevereiro 2024.

Tabela 1. Percentual (%) de dano por geada em lâminas foliares e percentual de retorno dos perfilhos em relação ao número de perfilhos pré-geada de 10 cultivares forrageiras perenes estivais durante o inverno de 2022

Table 1. Percentage (%) of frost damage on leaf blades and percentage of tiller return relative to the pre-frost number of tillers of 10 perennial estivals forage cultivars during the winter of 2022

Espécie/ cultivar	% de dano		% de retorno dos perfilhos (datas)			
	foliar (26/06)	foliar (08/07)	02/11	02/12	02/01	02/02
M. gigante	16 a	0 a	94 a	89 a	151 a	145 a
Prima	50 ab	32 ab	51 ab	75 a	90 abc	92 abc
Tifton 85	73 bc	50 abc	71 ab	81 a	100 abc	92 abc
MG 5	94 bc	72 bc	13 b	27 ab	38 cd	39 cd
Paredão	96 c	97 c	43 ab	50 ab	88 abc	58 cd
Mavuno	98 c	98 c	0 b	0 b	0 d	0 d
Aries	98 c	74 bc	59 ab	91 a	123 ab	126 ab
Braúna	99 c	100 c	0 b	0 b	0 d	0 d
Aruana	99 c	76 bc	48 ab	93 a	111 abc	100 abc
Tangola	100 c	83 bc	35 ab	80 a	68 bcd	77 bc
Erro padrão	10,6	10,6	17	16	24	21

Médias seguidas de letra igual na mesma coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p>0,05$ );

Means followed by the same letter in the same column do not differ significantly from each other by Tukey's test at 5% probability ( $p>0.05$ );

# Utilização estratégica de herbicida em pastagem de Tifton 85

Bruno Gustavo Zilli Zardo<sup>1</sup>, Gustavo Krahl<sup>2</sup> e Daniel Augusto Barreta<sup>3</sup>

**Resumo** – A sobressemeadura de forrageiras hibernais sobre espécies perenes estivais é uma prática comum nos ambientes pastoris de clima subtropical. Entretanto, a competição entre as espécies pode limitar o pleno estabelecimento das culturas de inverno. Uma maneira para contornar este problema pode ser o uso estratégico de herbicidas. O objetivo deste trabalho foi determinar uma dose do herbicida glifosato que limite o desenvolvimento do Tifton 85 (*Cynodon* spp.) durante o outono/inverno, sem comprometer a retomada do seu desenvolvimento na primavera seguinte. Os tratamentos compreenderam cinco dosagens de glifosato, sendo a dose 2,77Kg ha<sup>-1</sup> considerada com dose integral (100%) e os quatro demais tratamentos corresponderam a 75, 50, 25 e 0% da dose completa. Os tratamentos foram dispostos em um delineamento inteiramente casualizado com três repetições por tratamento. A utilização de até 25% da dose completa (0,69Kg ha<sup>-1</sup> de glifosato) não aumenta a incidência de plantas daninhas em relação ao tratamento com ausência de aplicação de herbicida. Doses de até 1,39Kg ha<sup>-1</sup> de glifosato não comprometem a retomada do perfilhamento do Tifton 85 na primavera quando comparadas ao tratamento controle.

**Termos para indexação:** Glifosato; Sobressemeadura; Vazio forrageiro.

## Strategic use of herbicide in Tifton 85 pasture

**Abstract** – The overseeding of winter forages onto summer perennial species is a common practice in subtropical pastoral environments. However, competition between species can limit the full establishment of winter crops. One strategy to overcome this problem may be the strategic use of herbicides. The aim of this study was to determine a dose of glyphosate herbicide that limits the development of Tifton 85 (*Cynodon* spp.) during the winter without compromising its recovery in the following spring. The treatments comprised five glyphosate dosages, with the dose of 2.77Kg ha<sup>-1</sup> considered as the full dose (100%), and the remaining four treatments corresponding to 75, 50, 25, and 0% of the full dose. The treatments were arranged in a completely randomized design with three replications per treatment. The use of up to 25% of the full dose (0.69Kg ha<sup>-1</sup> of glyphosate) does not increase the incidence of invasive plants compared to the treatment with no herbicide application. Doses of up to 1.39Kg ha<sup>-1</sup> of glyphosate do not compromise the resumption of Tifton 85 tillering in the spring compared to the control treatment.

**Index terms:** Glyphosate; Overseeding; Forage shortage.

O Sul do Brasil está majoritariamente sob a influência de um clima subtropical, em que a temperatura apresenta considerável variação ao longo do ano. Este cenário faz com que a estação fria apresente adversidades climáticas como as geadas, que limitam a produção de espécies perenes de verão, principalmente nos meses de maio a setembro, o que exige que os produtores lancem mão de opções forrageiras de inverno para atenuar o vazio forrageiro (Sbrissia *et al.*, 2017).

A sobressemeadura de espécies hibernais sobre a pastagem estival é uma prática comum nos sistemas pecuários no Sul do Brasil e o sucesso desta prática passa impreterivelmente pelo bom

estabelecimento das culturas de inverno (Schmidt *et al.*, 2022). Contudo, a ocorrência de períodos (semanas) de clima ameno durante o inverno pode favorecer o crescimento das espécies perenes de verão, e assim comprometer o estabelecimento das pastagens de inverno, como a aveia e o azevém.

Neste sentido, o uso de herbicidas pode ser uma alternativa para limitar o crescimento das espécies C4, o que poderia facilitar a emergência, o desenvolvimento e o pleno estabelecimento das espécies introduzidas, assim como possibilitar um adiantamento estratégico da sobressemeadura (Marçalho *et al.*, 2006). Esta prática também tem sido estudada como alternativa para limitar a

competição na sobressemeadura de alfafa em pastagem de Tifton 85 (Harling *et al.*, 2022). Apesar disso, são escassos na literatura experimentos que avaliaram o efeito da aplicação de diferentes doses de herbicidas em pastagem de Tifton 85 no início da estação fria.

O objetivo deste trabalho foi determinar uma dose do herbicida glifosato que limite o desenvolvimento do Tifton 85 (*Cynodon* spp.) durante o outono/inverno, sem comprometer a retomada do seu desenvolvimento na primavera seguinte.

O experimento foi realizado na Escola Agrícola La Salle em Xanxerê, SC. A região de estudo, segundo a classificação de Köppen, é um local de transi-

Recebido em 28/02/2024. Aceito para publicação em 26/04/2024.

Editor: Luiz Augusto Martins Peruch

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Zootecnia, Unoesc - Xanxerê, e-mail: bruno.zardo@unoesc.edu.br

<sup>2</sup> Zootecnista, Dr., Vitamix Nutrição Animal, Rodovia BR 282 - KM 561 Área Industrial, Nova Itaberaba - SC, 89818-000, e-mail: gustavo.zootecnista@live.com

<sup>3</sup> Zootecnista, Dr., Unoesc - Xanxerê, R. Dirceu Giordani, 696 - Jardim Tarumã, Xanxerê, SC, 89820-000, e-mail: da.barreta@unoesc.edu.br

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i2.1823>

ção entre os tipos climáticos Cfa e Cfb (Clima subtropical úmido com verões quentes e amenos, respectivamente). A área experimental foi previamente estabelecida com a cultura do Tifton 85 e toda a área era manejada de maneira igual, por meio do método de lotação intermitente com altura em pré-pastejo de 20cm e severidade de desfolhação de 50%.

A área foi subdividida em 15 unidades experimentais de 4m<sup>2</sup>, com espaçamento de 1m entre parcelas. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos e três repetições por tratamento (Figura 1). Os tratamentos compreenderam cinco dosagens do herbicida Roundup WG (N- (phosphonome-thyl) glycine – Glifosato), de modo que a maior dose (100%) foi definida de acordo com a recomendação para dessecação da grama seda (*Cynodon dactylon*) – 2,77Kg ha<sup>-1</sup> de glifosato – enquanto as demais doses/tratamentos corresponderam aos percentuais 75, 50, 25 e 0% da dose recomendada (2,08, 1,39, 0,69 e 0Kg ha<sup>-1</sup> de glifosato, respectivamente).

A aplicação do herbicida e, por conseguinte, dos tratamentos ocorreu no dia 24 de maio de 2022. O procedimento foi realizado com pulverizador costal (20L) a bateria com vazão constante de 1.9L min<sup>-1</sup>, correspondente ao volume de calda de 150L ha<sup>-1</sup>. O bico utilizado para aplicação do herbicida foi o modelo “JAI” amarelo, desenvolvido pela JACTO. Com formato de jato leque plano padrão, com tamanho de gota média.

As variáveis analisadas foram: incidência de plantas daninhas e intervalo para retomada do perfilhamento. A determinação da incidência de plantas invasoras ocorreu no dia 22 setembro, por meio da contagem do número de plantas daninhas por parcela. A coleta de dados relacionada à emissão de novos perfilhos aconteceu semanalmente a partir de 40 dias após a aplicação do herbicida e a parcela foi considerada na condição de “retomada do perfilhamento” quando constatada a presença de pelo menos 20 perfilhos novos (>3cm) surgidos na parcela. A data em que isso ocorreu foi considerada como



Figura 1. Visão geral do experimento com herbicidas em capim Tifton 85  
Foto: Daniel A. Barreta

Figure 1. Overview of the experiment with herbicides in Tifton 85 grass  
Photo: Daniel A. Barreta

o momento do início da rebrotação. O tratamento sem aplicação de herbicida teve sua contagem de novos perfilhos acompanhada apenas depois da ocorrência da geada, entretanto, o número de dias de intervalo para rebrotação também foi determinado considerando a data de aplicação do herbicida nos demais tratamentos.

A análise dos dados foi realizada utilizando o software estatístico R (R Core Team, 2021). A análise de variância foi realizada por meio do pacote lme4 e, quando significativas ( $p < 0,05$ ), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância por meio do pacote *emmeans*<sup>4</sup>.

Destacamos que no ano experimental a ocorrência de geada foi tardia, ocorrendo apenas no dia 19 de agosto de 2022. Em situações como esta, a ausência de geada pode ser um fator limitante para o desenvolvimento das espécies de inverno uma vez que as espécies de verão como o Tifton 85, que possui temperatura basal próxima a 10°C (Oliveira *et al.*, 2000) mantêm seu crescimento, embora em taxas menores.

A presença de plantas daninhas foi maior ( $p < 0,05$ ) nas parcelas em que a dose do herbicida foi completa ou 75% em relação à dose total (Tabela 1). O mesmo padrão de resposta foi observa-

do no intervalo para o início do rebrote, em que os tratamentos com as doses 75 e 100% apresentaram um período maior para início do perfilhamento em relação as demais dosagens (Tabela 1).

É importante destacar que a dose de 25% da dose total não apresentou diferença da área sem aplicação para nenhuma das variáveis analisadas, ou seja, aplicações de até 0,693Kg ha<sup>-1</sup> de glifosato não comprometem o retorno do Tifton 85 no início da estação quente e não aumentam a incidência de plantas daninhas. Estes resultados são semelhantes aos encontrados em um experimento realizado no Texas, EUA, em que durante a fase de estabelecimento do Tifton 85, doses de até 0,28Kg ha<sup>-1</sup> de ingrediente ativo de glifosato (correspondente a 10% da dose completa utilizada no presente estudo) colaboraram no controle de plantas daninhas com mínimo comprometimento da pastagem (Butler *et al.*, 2006). Considerando apenas o retorno do perfilhamento, doses de até 50% da dose total (1,39Kg ha<sup>-1</sup> de ingrediente ativo de glifosato) não comprometeram o retorno do perfilhamento do dossel.

Em função de a geada ter ocorrido tardiamente, o experimento teve efeitos de geada e glifosato em períodos distintos, de modo que a pastagem já

<sup>4</sup> Do inglês *Estimated Marginal Means* (EMMs).

Tabela 1. Incidência de plantas daninhas e intervalo para a retomada do rebrote de pastagem de Tifton 85 submetida a doses de glifosato durante o início da estação fria  
 Table 1. Incidence of weeds and interval for regrowth recovery of Tifton 85 pasture subjected to glyphosate doses during the early cold season

Tratamentos (Kg ha <sup>-1</sup> de glifosato)	% da dose total	Incidência de plantas daninhas (plantas m <sup>-2</sup> )	Intervalo para rebrote (dias)
0	0%	8,5 c	83 b
0,69	25%	11,25 c	90 b
1,39	50%	18,75 b	102 b
2,08	75%	26 a	148 a
2,77	100%	29,5 a	167 a

Legenda: Médias seguidas de letra igual na mesma coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); %= percentual da dosagem do ingrediente ativo glifosato em relação a dose recomendada para dessecação da grama seda (*Cynodon dactylon*) (2,77Kg ha<sup>-1</sup>).

Legend: Means followed by the same letter in the same column do not differ by Tukey's test at 5% probability level ( $p < 0,05$ ); %= percentage of the dosage of the active ingredient glyphosate in relation to the recommended dose for desiccation of Bermuda grass (*Cynodon dactylon*) (2.77Kg ha<sup>-1</sup>).

estava crestada em virtude da aplicação de glifosato 10 dias após a aplicação do herbicida em todos os tratamentos, enquanto o tratamento com ausência de aplicação só apresentou este “padrão” com a ocorrência da geada em agosto, ou seja, a pastagem permaneceu vegetando nestas unidades experimentais, apesar de apresentarem baixa taxa de crescimento.

Em situações como as descritas neste estudo, o uso de herbicidas para diminuir a competição imposta pelas espécies de verão e facilitar o estabelecimento de espécies anuais pode apresentar algumas vantagens e desvantagens. A principal vantagem é a possibilidade de diminuir a competição entre as plantas, desfavorecendo a espécie de verão e permitindo a antecipação da sobresemeadura das espécies de inverno em anos de geada tardia ou ausência de geada (Araldi, 2003). Entre as desvantagens, o mesmo autor cita a possibilidade de aumento da incidência de plantas daninhas e de outras espécies forrageiras na área. Esta inferência foi confirmada neste experimento, no qual as maiores doses apresentaram maior incidência de plantas daninhas. As espécies identificadas com maior frequência na área foram: buva (*Conyza bonariensis*), picão-preto (*Bidens pilosa*), caruru (*Amaranthus viridis*), língua-de-vaca (*Elephantopus scaber*) e corda-de-viola (*Ipomoea purpurea*).

Uma limitação do nosso estudo é a de que nos restringimos à avaliação da

cultura de verão, sem a implantação de culturas de inverno por sobresemeadura. A partir deste experimento, serão testadas doses entre 0 e 1,39Kg ha<sup>-1</sup> de glifosato (0 a 50% da dose total) aliadas à sobresemeadura das espécies de inverno em épocas que podem ser estratégicas para atenuar o vazio forrageiro, como o início da estação fria. A adoção da prática poderia adiantar o uso de espécies precoces de inverno, como o centeio (Postiglioni, 1982), ao passo que outras áreas poderiam ser semeadas mais tardiamente, a fim de criar um mosaico de pastagens, o que é desejável quando se pretende otimizar o uso de pastagens de inverno.

## Agradecimentos

Ao Programa de Bolsas Universitárias do Estado de Santa Catarina (UNIEDU) pela concessão de bolsa de iniciação científica ao primeiro autor. A Escola Agrícola La Salle, localizada em Xanxerê, SC, pela disposição do local para realização do experimento.

## Referências

ARALDI, D.F. **Avaliação de pastagem natural e pastagem sobre-semeada de segundo ano com espécies Inernais com e sem o uso de Glifosato**. 1998. 123f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2003.

BUTLER, T.J.; MUIR, J.P.; DUCAR, J.T. Weed Control and Response to Herbicides during Tifton 85 Bermudagrass Establishment from Rhizomes. **Agroonomy Journal**, v.98, n.3, p.788-794, 2006. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0282>

HARLING, J.F.; SOLLENBERGER, L.E.; RIOS, E.F.; DUBEUX, J.C.B., WALLAU, M.O. Managing bermudagrass competition to overseeded alfalfa. **Agrosystems, Geosciences & Environment**, v.5, e20279, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/agg2.20279>

MARÇALLO, F.A.; PELISSARI, A.; MORAES, A. de. Aplicação de Glifosato em campo naturalizado de pensacola, para estabelecimento de forrageiras hibernais em sobre-semeadura. **Scientia Agraria**, v.7, n.1, p. 55-59, 2006.

OLIVEIRA, M.A.; PEREIRA, O.G.; MARTINEZ Y HUAMAN, C.A.; GARCIA, R.; GOMIDE, J.A.; CECON, P.R.; SILVEIRA, P. R de. Características Morfogênicas e Estruturais do Capim-Bermuda “Tifton 85” (*Cynodon spp.*) em Diferentes Idades de Rebrotas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1939-1948, 2000.

POSTIGLIONI, S.R. **Comportamento da aveia, azevém e centeio na região dos Campos Gerais, PR**. Londrina: IAPAR, 1982. 18 p. (IAPAR, Boletim técnico, 14).

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. URL <https://www.R-project.org/>

SBRISSIA, A.F.; DUCHINI, P.G.; ECHEVERRIA, J.R.; MIQUELOTO, M.; BERNARDON, A.; FIDELIS, L.A. Animal production on cultivated pastures in temperate climate regions of Latin America. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.25, p.45–58, 2017.

SCHMIDT, F. Produção de massa seca, composição botânica e valor nutritivo de forrageiras de inverno sobresemeadas em pasto de tifton 85 adubado com fertilizantes químicos e cama de aves. **Revista Agraria Acadêmica**, v.5, n.2, p.50–65, 2022. DOI: [10.32406/v5n2/2022/50-65/agrariacad](https://doi.org/10.32406/v5n2/2022/50-65/agrariacad)

# Febre catarral maligna em bovino leiteiro no Oeste Catarinense, Brasil

Simone Silveira,<sup>1</sup> Francieli A. Molossi<sup>2</sup>, Cláudia Balzan<sup>2</sup>, Maristela D. Maba<sup>2</sup>, Leticia F. Baumbach<sup>4</sup>, Maysa B. Chitolina<sup>5</sup>, Cláudio W. Canal<sup>6</sup> e Giovana Camillo<sup>1</sup>

**Resumo** – O presente artigo relata um caso de febre catarral maligna (FCM), causada pelo herpesvírus ovino tipo 2 (OvHV-2), ocorrida em um bovino em uma propriedade leiteira do Oeste Catarinense em 2023. O animal apresentou sinais clínicos típicos da doença e para o diagnóstico foi realizado histopatológico, reação em cadeia da polimerase (PCR) e sequenciamento de DNA. Esse artigo ressalta a importância dos rebanhos ovinos e bovinos serem mantidos separados a fim evitar a transmissão de patógenos entre essas duas espécies animais. Ademais, esse relato reforça a necessidade da realização de diagnóstico laboratorial para confirmação de suspeitas clínicas a fim de se obter um diagnóstico preciso e uma prevenção/controlado assertivos das doenças infectocontagiosas que acometem bovinos.

**Termos para indexação:** Herpesvírus ovino; Ovinos; Diagnóstico laboratorial; Biossegurança.

## Malignant catarrhal fever in dairy cattle in western Santa Catarina state, Brazil

**Abstract** – The present study reports a case of malignant catarrhal fever (MCF), caused by the ovine herpesvirus type 2 (OvHV-2), in a cattle on a dairy farm in western Santa Catarina in 2023. The animal presented typical clinical signs of the MCF, and for diagnosis, histopathological examination, polymerase chain reaction (PCR) technique and DNA sequencing were performed. This study highlights the importance of keeping ovine and bovine herds separated in order to prevent the transmission of pathogens between these two animal species. Furthermore, this report reinforces the need for laboratory diagnosis to confirm clinical suspicions in order to obtain accurate diagnosis and effective prevention/control of infectious diseases affecting cattle.

**Index terms:** Ovine herpesvirus; Sheep; Laboratory diagnosis biosecurity.

A febre catarral maligna (FCM) é uma doença causada por um grupo de herpesvírus pertencente ao gênero *Maccavirus*. O principal vírus que causa a FCM é o herpesvírus ovino tipo 2 (OvHV-2). Esses vírus acometem várias espécies animais, incluindo ovinos, bovinos e caprinos (Russel, 2009). A doença em bovinos é fatal, tem curso clínico rápido e os animais podem apresentar principalmente sinais respiratórios e neurológicos. Nos ovinos todavia nenhum sinal clínico é observado, visto que esses são considerados hospedeiros naturais do vírus. Desta forma, a FCM não impacta a ovinocultura. No entanto, os ovinos quando infectados, atuam como reservatórios, podendo transmitir o vírus para os bovinos. Portanto, os ovinos apresentam um papel epidemiológico relevante. A doença tem baixa prevalência, mas é observada em todo mundo,

principalmente em propriedades onde ovinos e bovinos são mantidos juntos ou próximos, permitindo algum tipo de contato entre eles (Headly *et al.*, 2020; Usaha, 2008).

No Brasil, por mais que a doença tenha sido identificada por quase um século, ela apresenta baixa prevalência em bovinos (Headly *et al.*, 2020), contribuindo para o desconhecimento da maioria dos produtores e profissionais da área, pois é uma doença subdiagnosticada. Além de divulgar orientações sobre a doença, o presente artigo tem como objetivo relatar um caso de FCM em bovino no Oeste Catarinense.

O caso aconteceu em uma propriedade localizada em Xanxerê, SC, com 800 vacas em lactação, em sistema intensivo, alimentação a base de silagem e ração. Um bovino, fêmea, 4 anos de idade da raça Holandesa iniciou mani-

festação de secreção muco-fibrinosa, com áreas necróticas frequentemente recobertas por fibrina, multifocais a coalescentes na mucosa nasal e gengivas, mucosa labial e vulva. Ainda, observou-se opacidade de córnea bilateral, opistótono, nistagmo, decúbito lateral com movimentos de pedagem, evoluindo para coma e morte (Figura 1).

O curso clínico durou aproximadamente 5 dias. A vaca foi submetida a avaliação *post mortem* e fragmentos dos órgãos foram coletados em formalina 10%, processados rotineiramente para avaliação histopatológica, corados com a técnica de hematoxilina e eosina e avaliados em microscópio óptico. Amostras de suabe nasal, fragmentos de pulmão e sistema nervoso central (SNC) foram submetidos à extração de DNA, seguida de reações de PCR. As amostras de suabe nasal, pulmão e SNC foram testadas por reações de PCR para

Recebido em 26/02/2024. Aceito para publicação em 26/06/2024.

Editor de seção: Ubirajara Maciel da Costa

<sup>1</sup> Docente do curso de Medicina Veterinária, Zootecnia e do mestrado em Sanidade e Produção Animal (PPGSA) – Unoesc/Xanxerê, SC, e-mail: simonesilveira@unoesc.edu.br, giovana.camillo@unoesc.edu.br.

<sup>2</sup> Docente do curso de Medicina Veterinária e do PPGSA/ UNOESC, Xanxerê - SC, e-mail: francieli.molossi@unoesc.edu.br, claudia.balzan@unoesc.edu.br

<sup>3</sup> Médica Veterinária, Xanxerê - SC, e-mail: marimaba08@gmail.com.

<sup>4</sup> Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias (PPGCV) – UFRGS/Porto Alegre, RS, e-mail: leticia.baumbach@yahoo.com.br.

<sup>5</sup> Mestranda do PPGSA – Unoesc/Xanxerê, SC, e-mail: maysa.bc@unoesc.edu.br.

<sup>6</sup> Docente do (PPGCV) – UFRGS/Porto Alegre, RS, e-mail: claudio.canal@ufrgs.br.

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i2.1818>



Figura 1. Bovino fêmea, holandesa, 4 anos de idade com febre catarral maligna, apresentando opistótomo e movimentos de pedalagem (A), acentuada opacidade de córnea (B), mucosa nasal com área focalmente extensa de necrose (C) mucosa vulvar necrótica e com deposição de exsudato fibrinoso (D)

Figure 1. A malignant catarrhal fever (MCF) clinical case in a 4-year-old female Holstein cow. Animal presenting opisthotonus and paddling movements (A), nasal discharge, pronounced corneal opacity (B) and nasal mucosa with focal extensive area of necrosis and mucofibrinous secretion on the I mucosa (C), necrotic vulvar mucosa with deposition of fibrinous exudate on the labia and vulva (D)

detecção do herpesvírus bovino tipo 1 (BoHV-1) e tipo 5 (BoHV-5) (Esteves *et al.*, 2008). Para detecção de herpesvírus ovino tipo 2 (OvHV-2) foram utilizadas as amostras de suabe nasal e SNC (BAXTER *et al.*, 1993). Para detecção de patógenos respiratórios, os suabes nasais também foram testados por PCR para identificação de Influenza D, Parainfluenza bovina tipo 3 (PI-3, atualmente denominado respirovírus bovino 3), vírus Respiratório sincial bovino (BRSV, atualmente denominado orthopneumovírus bovino), Pestivírus (BVDV) (Gaeta *et al.*, 2011; Vilcek *et al.*, 1994; Weber *et al.*, 2014).

Os principais achados macroscópicos foram mucosas conjuntivas congestionadas, áreas multifocais necróticas com moderada deposição de fibrina na mucosa nasal, espelho nasal, gengivas, mucosa labial e vulva e opacidade de córnea. Os achados microscópicos consistiram de infiltrado inflamatório de macrófagos e linfócitos perivasculares no neurópilo e meninges com degeneração fibrinoide da parede de vasos

sanguíneos, no encéfalo e *rete mirabile*, multifocal, variando de moderada a acentuada (figura 2). Nos rins também foi observado degeneração fibrinoide da parede de artérias de maneira multifocal e moderada.

O animal testou positivo para OvHV-2 e negativo para os demais patógenos testados por PCR. A identificação viral foi confirmada por sequenciamento de DNA tipo Sanger. A sequência do isolado apresentou uma alta similaridade (>99%) com outras sequências de isolados de OvHV-2 brasileiros detectados em ovinos no Paraná e em bovinos no Mato Grosso (figura 3).

O vírus tem sido detectado em vários estados brasileiros infectando ovinos, cervídeos, búfalos, cavalos e bovinos (Headly *et al.*, 2020). No entanto, não há conhecimento sobre a real prevalência da doença em bovinos no Brasil. Por mais que ela existe e seja fatal em bovinos, também se desconhece a soroprevalência em ovinos (quantos e quais rebanhos ovinos estão infectados), a principal fonte de infecção para os bovinos. A doença ocorre em bovinos quando esses têm contato próximo com ovinos infectados, possibilitando a

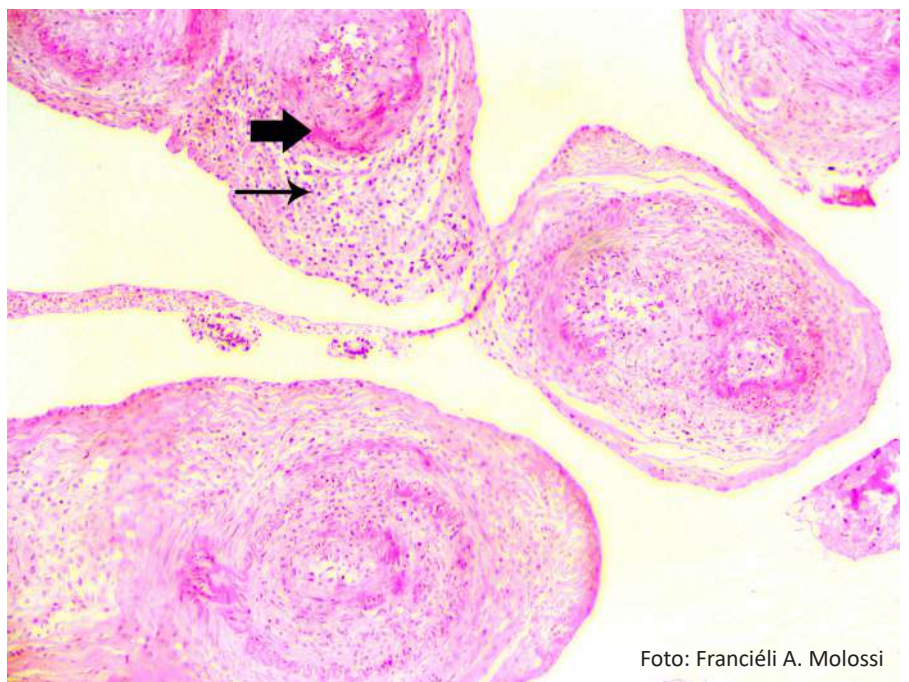


Figura 2. Rete mirabile: degeneração fibrinoide na parede de vasos sanguíneos (seta larga) com infiltrado inflamatório de macrófagos, linfócitos e alguns neutrófilos, multifocal, moderado (seta fina), HE 200X

Figure 2. Rete mirabile: fibrinoid degeneration in the blood vessels walls (wide arrow) with inflammatory infiltrate of macrophages, lymphocytes and some neutrophils, multifocal, moderate (thin arrow), HE200X





Figura 3. Árvore filogenética - sequência parcial do gene do tegumento do OvHV-2. A amostra SC93/23b (PP350294) foi identificada no caso de febre catarrhal maligna (FCM) ocorrida em bovino no oeste catarinense em 2023. Nome do isolado - país - hospedeiro - ano. O estudo foi registrado no sistema nacional de gestão do patrimônio genético e do conhecimento tradicional associado (SISGEN - AD86F80)

Figure 3. Phylogenetic tree of OvHV-2 tegument gene partial sequence. The isolate SC93/23b (PP350294) was identified in the Malignant catarrhal fever (MCF) case that occurred in cattle in western Santa Catarina state in 2023. Isolate identification - country - host - collection year. The study is registered in the National Genetic Heritage and Associated Traditional Knowledge Management System (SISGEN - AD86F80)

transmissão viral interespecie (Russel, 2009). Na propriedade onde ocorreu o caso de FCM os bovinos estavam em contato com um rebanho ovino. Provavelmente os ovinos dessa propriedade tenham sido a fonte de infecção.

Os ovinos, uma vez infectados, permanecem infectados por toda vida. Entretanto, eles não apresentam sinais clínicos. O principal modo de transmissão é horizontal, assim, os animais infectados excretam o vírus pela secreção nasal e ocular, sendo os suscetíveis infectados pela via nasal e oral (Usaha, 2008). Dessa forma, um ovino infectado pode transmitir o vírus para outros ovinos do rebanho e para bovinos que podem estar próximos. A infecção em bovinos na maioria das vezes é clínica e os animais podem apresentar sinais clínicos similares ao caso relatado. Uma vez iniciada a doença clínica em bovinos, a letalidade chega a quase 100%. O bovino é considerado um hospedeiro acidental que dificilmente transmite o vírus para outros animais (Russel, 2009; Li *et al.*, 2011).

Por mais que a letalidade seja alta,

a morbidade tende a ser baixa, devido essa necessidade do contato próximo dos bovinos com ovinos infectados. Contudo, dependendo da extensão do contato entre rebanhos, podem ocorrer surtos em fazendas com a morte de vários bovinos (Usaha, 2008). Logo, a presença de FCM em um rebanho bovino gera um importante impacto econômico. A forma mais eficaz de prevenir/controlar essa doença é manter os rebanhos de bovinos e ovinos separados, sem contato. Embora haja laboratórios de saúde animal que realizam ensaios para o diagnóstico da doença, proprietários/médicos-veterinários pouco solicitam a realização desses ensaios devido ao desconhecimento da doença. Além disso, não há vacinas ou tratamento antiviral para a FCM (Russel, 2009, Li *et al.*, 2011).

Um caso de FCM foi diagnosticado em uma vaca de quatro anos de idade no Oeste Catarinense. O animal apresentou sinais respiratórios e sinais neurológicos característicos da doença e curso clínico agudo e fatal. A FCM é uma doença que apresenta uma baixa prevalência, porém precisa ser considerada principalmente em propriedades que mantêm rebanhos bovinos e ovinos em contato próximo.

## Referências

BAXTER, S.I; POW, I; BRIDGEN, A; REID, H.W. PCR detection of the sheep-associated agent of malignant catarrhal fever. *Archives of Virology*, v.132, n.1-2, p.145-59, 1993.

GAETA, N. C; RIBEIRO, L. M. B; ALEMÁN, M. A. R; THOMAZELLI, L. M; DURIGON, E. L; NOGUEIRA, A. H. D; DE STEFANO, E; OKUDA, L, H; PITUCO, E. M; GREGORY, L. Evaluation of bovine Parainfluenza

type-3 virus and Influenza virus D participation in bovine respiratory disease of calves from Brazilian family farming. *Medicina Veterinária (UFRPE)*, v.1, n.4, p.227-232, 2018.

ESTEVES, P.A; DELLAGOSTIN, O.A; PINTO, L.S; SILVA, A.D; SPILKI, F.R; CIACCIZANELLA, J.R; HÜBNER, S.O; PUENTES, R; MAISONNAVE, J; FRANCO, A.C; RIJSEWIJK, F.A; BATISTA, H.B; TEIXEIRA, T.F; DEZEN, D; OLIVEIRA, A.P; DAVID, C; ARNS, C.W. ROEHE, P.M. Phylogenetic comparison of the carboxy-terminal region of glycoprotein C (gC) of bovine herpesviruses (BoHV) 1.1, 1.2 and 5 from South America (SA). *Virus Research*, v.131, p.16 - 22, 2008.

HEADLEY, S.A; DE OLIVEIRA, T.E.S; CUNHA, C.W. A review of the epidemiological, clinical, and pathological aspects of malignant catarrhal fever in Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*, v.51, n.3, p1405-1432, 2020. DOI: <https://10.1007/s42770-020-00273-6>.

LI, H; CUNHA, C.W; TAUS, N.S. Malignant catarrhal fever: understanding molecular diagnostics in context of epidemiology. *International journal of molecular sciences*, v.212, n.10, p.6881-93, 2011. DOI: <https://10.3390/ijms12106881>.

RUSSELL, G.C; STEWART, J.P; HAIG, D, M. Malignant catarrhal fever: a review. *The Veterinary Journal*, v.179, n.3, p.324-35, 2009.

USAHA, United States Animal Health Association. *Foreign animal diseases*. Usaha, 7<sup>th</sup> revised edition, 2008.

VILCEK, S; ELVANDER, M; BALLAGIPORDÁNY, A. BELÁK S. Development of nested PCR assays for detection of bovine respiratory syncytial virus in clinical samples. *Journal of Clinical Microbiology*. v.35, p.2225-2231, 1994.

WEBER, M.N; SILVEIRA, S; MACHADO, G; GROFF, F.H; MÓSENA, A.C; BUDASZEWSKI, R.F; DUPONT, P.M; CORBELLINI, L.G; CANAL, C.W. High frequency of bovine viral diarrhoea virus type 2 in Southern Brazil. *Virus Research*, v.191, p. 117-124, 2014.

# Determination of phenological stage and nitrogen application dose in linseed crops

João Pedro Dalla Roza<sup>1</sup>, Ivan Ricardo Carvalho<sup>1</sup>, Leonardo Cesar Pradebon<sup>1</sup>, Murilo Vieira Loro<sup>2</sup>, Jaqueline Piesanti Sangiovo<sup>1</sup>, José Antonio Gonzalez da Silva<sup>1</sup> and Caroline Huth<sup>3</sup>

**Abstract** – This study aimed to evaluate the effects of nitrogen doses on different phenological stages of linseed development during three agricultural years of cultivation. A randomized blocks experimental design was employed, organized in a three-factor design (3x5x3), consisting of three nitrogen applications (beginning of development of basal branching, pre-flowering, and grain filling), five doses of nitrogen (0; 30; 60; 90, and 120kg ha<sup>-1</sup>), and three agricultural harvests (2020, 2021, and 2022). Each treatment had three replications, totaling 135 experimental units. At full physiological maturity, the crop cycle was evaluated, then 10 plants were randomly collected per experimental unit, the following characters were evaluated and measured: plant height, stem diameter, number of basal branches, height of insertion of the first capsule, grain weight per plant, number of grains per plant, number of branches per plant, and number of capsules. The analysis of variance was conducted at a 5% probability of error using the F test. The variables that showed a significant interaction were broken down to simple effects via polynomial regression with adjustment of the highest degree of the polynomial. The maximum technical nitrogen efficiency for linseed cultivation is 69.8 kg per hectare. Nitrogen fertilization at the basal branching stage enhances grain weight, number of grains per plant, and grain yield. The application of nitrogen when filling grains enhances grain productivity (> 1.6 tons of grains per hectare) regardless of the agricultural year.

**Index terms:** *Linum usitatissimum*; Phenology; Grain productivity; Regression; Nitrogen management.

## Determinação do estágio fenológico e dose de aplicação de nitrogênio na cultura da linhaça

**Resumo** – Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de doses de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos de desenvolvimento da linhaça, durante três anos agrícolas de cultivo. Utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizados, organizado em esquema fatorial trifatorial (3x5x3), sendo: três momentos de aplicação de nitrogênio (início do desenvolvimento da ramificação basal, pré-florescimento e enchimento de grãos), cinco doses de nitrogênio (0; 30; 60; 90 e 120kg ha<sup>-1</sup>) e três safras agrícolas (2020, 2021, 2022). Cada tratamento teve três repetições, totalizando 135 unidades experimentais. Em plena maturidade fisiológica foi avaliado o ciclo da cultura, em seguida foram coletadas aleatoriamente dez plantas por unidade experimental, avaliados e medidos os seguintes caracteres: altura da planta, diâmetro do caule, número de ramos basais, altura de inserção da primeira cápsula, peso do grão por planta, número de grãos por planta, número de ramos por planta e número de cápsulas. A análise de variância foi realizada com 5% de probabilidade de erro por meio do teste F. As variáveis que apresentaram interação significativa foram decompostas em efeitos simples por meio de regressão polinomial com ajuste do maior grau do polinômio. A máxima eficiência técnica de nitrogênio para o cultivo de linhaça é de 69,8 kg por hectare. A fertilização com nitrogênio no estágio de ramificação basal aumenta o peso dos grãos, o número de grãos por planta e o rendimento de grãos. A aplicação de nitrogênio no enchimento de grãos potencializa a produtividade de grãos (> 1,6 toneladas de grãos por hectare) independente do ano agrícola.

**Termos de indexação:** *Linum usitatissimum*; Fenologia; Produtividade de grãos; Regressão; Manejo nitrogenado.

## Introduction

The linseed crop (*Linum usitatissimum* L.) belongs to the Linaceae family and originates from Asia. It stands out for its multiple purposes and oleaginous, fibrous, probiotic, and nutraceutical properties (Antonelli *et al.*, 2013). Used

as an alternative between crops, linseed presents itself as an option for diversifying cultivation systems (Antonelli *et al.*, 2013). Linseed contains 33.5% dietary fiber, 32.3% lipids, and 14.1% proteins, considered a functional food, in addition to holding antimicrobial and bioactive compounds (Loro *et al.*, 2022).

The world's largest linseed producer is Canada, with approximately 950 thousand tons of grains in 2015, equivalent to 40% of all production and a sown area of 380 thousand hectares (Loro *et al.*, 2022). Although the worldwide cultivation of this crop has been growing, its production still needs to expand to meet market

Received on 04 jan. 2024. Accepted for publication on 24 Apr. 2024.

Section editor: Luis César Cassol

<sup>1</sup> Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, RS, Brasil. E-mail: dallaroza@gmail.com, carvalhoirc@gmail.com, leonardopradebon@gmail.com, sangiovojaque@gmail.com, jose.gonzales@unijui.edu.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: muriloloro@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0241-4226>

<sup>3</sup> Cibra, Rua Ragnar Thorstemborg 288 - Lambari, Ijuí - RS, CEP 98700-000. E-mail: carol\_huth@gmail.com

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i2.1800>

demand, especially in Brazil. This implies the need to develop genotypes adapted to our cultivation regions (Carvalho *et al.*, 2019; Carvalho *et al.*, 2023a; Carvalho *et al.*, 2023b) and management practices that maximize linseed productivity, such as fungicide management (Bruisma *et al.*, 2023), sowing densities (Loro *et al.*, 2022; Sangiovo *et al.*, 2022; Scarton *et al.*, 2023), and efficient management of the time (Pradebon *et al.*, 2023) and dose of nitrogen application (Hutra *et al.*, 2022). Nitrogen fertilization is a key agronomic practice to optimize grain yield, to which linseed responds positively, resulting in high grain yields and better quality (Antonelli, 2015).

Nitrogen is an important constituent of proteins, being the main nutrient for maintaining the productivity of crops. When applied, it is assimilated by the plant and associates with the carbon chains, promoting an increase in cellular constituents and, consequently, an increase in the vigor of regrowth and the production of dry weight of plants under favorable climatic conditions (Loro *et al.*, 2022).

According to Bilalis *et al.* (2010), among the studies conducted with linseed and nitrogen, nitrogen (N) is the main constituent, leading to variations in the oil content of seeds of this crop. As some research shows, the application of N in top dressing influences grain productivity and plant productivity components. Urea is an important nitrogen fertilizer, being the most used worldwide due to its lower cost and higher N content (Cunha *et al.*, 2011).

The Southern region of Brazil presents productive potential for the cultivation of linseed due to its ideal soil and climate conditions for this crop, which requires low temperatures. However, scientific studies are still incipient when it comes to characterizing the development of linseed and its relationship with productivity, especially on Brazilian soil (Bassegio *et al.*, 2012). Therefore, the importance of elucidating the relationships between crop development and yield and nitrogen fertilization is evident, especially considering the expansion of cultivation in the Southern region of Brazil. Determining the appropriate development stage of linseed for nitrogen application allows crop productivity to be enhanced and production costs to be

minimized. Therefore, this work aimed to evaluate the effects of nitrogen doses on different phenological stages of linseed development during three cultivation seasons.

## Material and methods

The experiment was conducted in the experimental area of the Regional University of Northwestern Rio Grande do Sul, in Augusto Pestana municipality - RS. Sowing was performed on May 13th and the harvest on November 11th. These dates (day and month) were the same over the three years of study. Soybeans were the predecessor crop at all times. Sowing fertilization was conducted with the application of 300kg ha<sup>-1</sup> of N-P-K formula 05-25-25. The experiment site is located at 28° 26' 20" S and 54° 00' 23" W, 301 meters above sea level and its soil is classified as a typical dystroferic red latosol. The soil analysis of the experimental area showed the following characteristics: Clay = 66%; pH = 5.3; SMP index = 5.6; P = 20mg dm<sup>-3</sup>; K = 165mg dm<sup>-3</sup>; MO = 2.2%; Al = 0.5cmolc/dm<sup>3</sup>; Ca = 3.41cmolc/dm<sup>3</sup>; Mg = 1.25cmolc/dm<sup>3</sup>; Cu = 6.93mg dm<sup>-3</sup>; Zn = 1.52mg dm<sup>-3</sup>; Mn = 23.3mg dm<sup>-3</sup>; and S = 8.7mg dm<sup>-3</sup>. The climate is classified, according to Köppen, as *Cfa* (humid subtropical).

A randomized blocks experimental design was employed, organized in a three-factor design (3x5x3), consisting of three nitrogen (urea - N 46%) applications (beginning of development of basal branching, pre-flowerings and grain filling), five doses of nitrogen (0; 30; 60; 90 and 120 kg ha<sup>-1</sup>), and three agricultural harvests (2020, 2021, and 2022).

The experimental units consisted of 17 sowing rows, spaced 0.18m apart, six meters long, totaling an area of approximately 18m<sup>2</sup>. Sowing was conducted using a seeder, with a sowing density of 60 viable seeds m<sup>-2</sup>. A usable area of 10 m<sup>2</sup> was considered. Phytosanitary management was performed to minimize abiotic effects (pests and diseases) on plant development.

At full physiological maturity, the crop cycle (CYCLE, days) was evaluated, then 10 plants were randomly collected per experimental unit. The following characters were evaluated and measured: plant height (PH, cm), stem diameter (SD,

mm), number of basal branches (NBB, units), height of insertion of the first capsule (HIFC, cm), grain weight per plant (GWP, grams), number of grains per plant (NGP, units), number of branches per plant (NBP, units), and number of capsules (NC, units).

Meteorological information on mean air temperature (Tmed, °C), minimum air temperature (Tmin, °C), maximum air temperature (Tmax, °C), and precipitation (Prec, mm) were expressed to better understand the results (NASA POWER, 2023). The data obtained were subjected to the assumptions of the statistical model, normality of errors, and homogeneity of residual variances. Subsequently, descriptive analysis was conducted using dispersion diagrams and central tendency of the minimum, mean and maximum air temperature variables.

Analysis of variance was conducted at a 5% probability of error using the F test. The interaction between moments of nitrogen application × nitrogen doses × agricultural harvests was tested. The variables that showed a significant interaction were broken down to simple effects via polynomial regression with adjustment of the highest degree of the polynomial with significance based on the Student's t test at 5% significance. Significant quadratic phenomena were subjected to estimation of maximum technical efficiency via the ratio between linear and quadratic coefficients, by the formula,  $x = -b \pm \frac{\sqrt{\Delta}}{2 \cdot a}$ , and cubic,  $Met = \frac{2x\beta \pm \sqrt{4x\beta^2 - 12x\beta \cdot x\beta^3}}{6x\beta^3}$

The qualitative effects of nitrogen application times and agricultural harvests, when in the presence of a significant interaction, were broken down to simple effects by the mean comparison test using the Tukey test at 5% significance. All statistical analyses were performed by the R software (R CORE TEAM, 2023), using the *ggplot2*, *metan*, *agricolae*, and *Exp.Des.Pt.* packages.

## Results and discussion

During the study period, different meteorological conditions were recorded (Figure 1). The occurrence of cold was a determining factor for cultivation. High

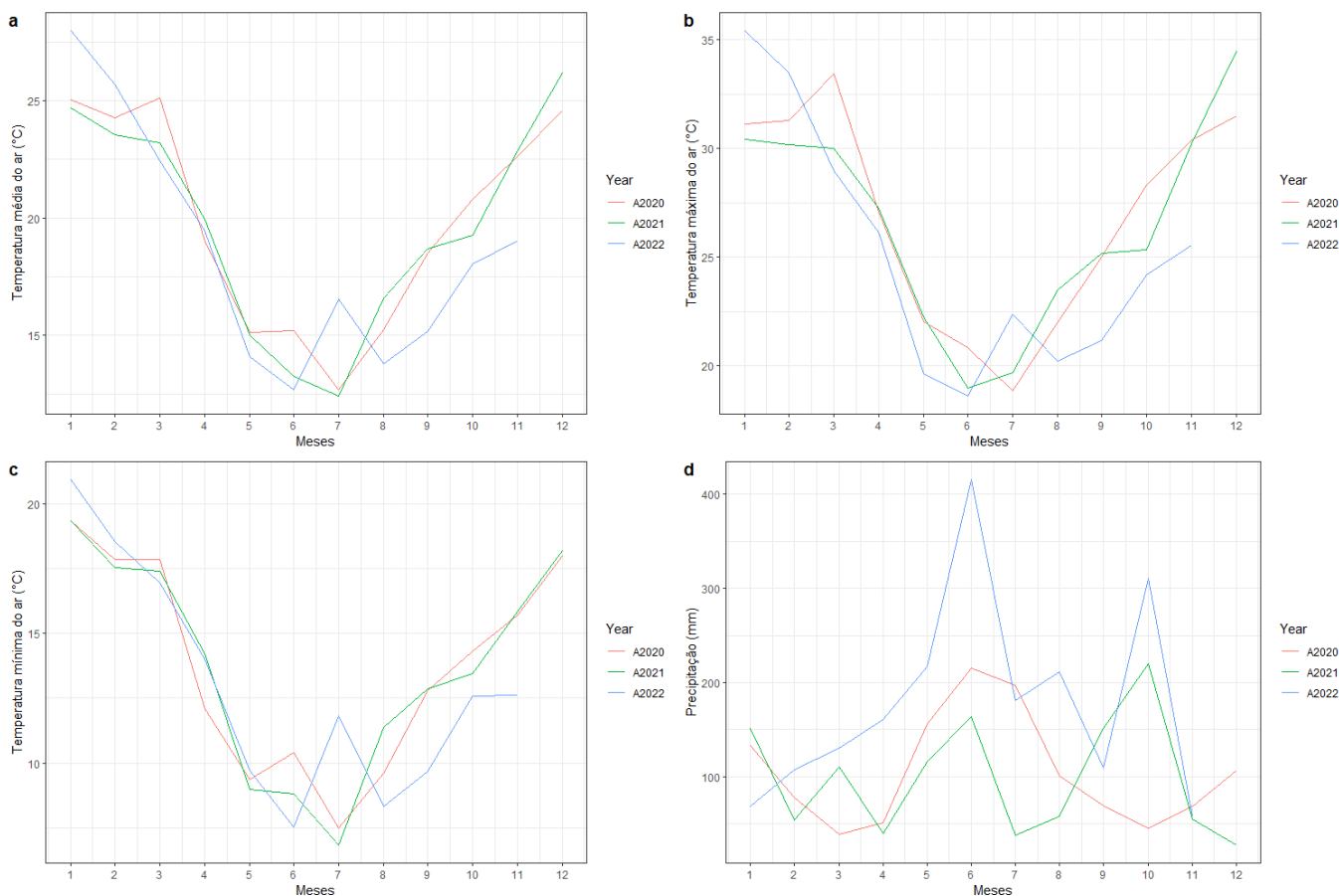


Figure 1. Meteorological data, referring to maximum air temperature (°C), mean air temperature (°C), minimum air temperature (°C), and precipitation (mm) for the 2020, 2021, and 2022 harvests, in the municipality of Augusto Pestana, RS  
 Figura 1. Dados meteorológicos, referentes à temperatura máxima do ar (°C), temperatura média do ar (°C), temperatura mínima do ar (°C) e precipitação (mm) para as safras 2020, 2021 e 2022, no município de Augusto Pestana, RS

temperatures close to 32°C harm the crop during periods of flowering and grain filling and may cause reductions in the differentiation processes of some components (Stanck *et al.*, 2018; Furlan *et al.*, 2022); however, the crop is sensitive to the occurrence of frost, especially in its seedling phase and flowering period. Variations in the mean air temperature were also recorded during the study period. The highest mean air temperatures were observed in the months of June and July, including the periods comprising the beginning of basal branching and of flowering for the year 2022. However, the highest mean temperatures were observed from August to September in 2021, a period of full flowering, whereas higher mean temperatures during capsule formation and filling were evident in 2020.

In 2021, the highest maximum temperatures were recorded from September to November, surpassing

those of both 2020 and 2022, with temperatures above 25°C (Figure 1b). This period is understood as decisive for linseed productivity, as it comprises the reproductive period of the crop from flowering to grain filling. According to Stanck (2017), high temperatures during the flowering and grain filling season can directly affect the quality of the grain and also reduce the oil content, as well as flower abscission.

Meanwhile, in 2021, the lowest minimum temperatures were recorded in July (Figure 1c), with temperatures from 1°C to 2°C. As mentioned by Stanck (2017), the linseed crop requires cold for development to occur suitable, with temperatures below -4°C being harmful. Regarding precipitation, the year of 2022 revealed the greatest volumes from June to October, with records from 300 to 400mm. According to a study by Bosco *et al.* (2020), the crop requires from 400 to

750mm to complete its cycle.

In the analysis of variance (Table 1), the interaction “year × moments of nitrogen application × doses” showed a significant effect on stem diameter, thousand grain weight, number of basal branches, and grain yield. The interaction “moments of nitrogen application × dose” revealed a significant effect for the number of grains per plant. Regarding “year × dose”, the interaction revealed a significant effect for the height of insertion of the capsule and number of grains per plant. For the “year × moments of nitrogen application” interaction, significant effects were observed for the height of insertion of the capsule. Moreover, the variable dose influenced plant height, and the variable year revealed a significant effect for cycle, grain weight per plant, and number of basal branches.

In the years 2020 and 2022, the highest plant heights were observed,

Table 1. Summary of the analysis of variance for the three sowing years regarding times of nitrogen application, in the municipality of Augusto Pestana of the Northwest of the State of Rio Grande do Sul, Brazil

Tabela 1. Resumo da análise de variância para três anos de semeadura, épocas de aplicação de N no município de Augusto Pestana do Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, Brasil

FV <sup>1</sup>	MS <sup>2</sup>										
	DF <sup>3</sup>	HIFC <sup>4</sup>	PH <sup>5</sup>	SD <sup>6</sup>	CYCLE <sup>7</sup>	GWP <sup>8</sup>	TGW <sup>9</sup>	NGP <sup>10</sup>	NBB <sup>11</sup>	NBP <sup>12</sup>	GY <sup>13</sup>
BLOCK	2	7.99	113.84	0.71*	71.14*	0.00005	0.013	131.81	0.63125	1.11	39698.67
YEAR	2	2235.42*	954.00*	3.91*	12332.14*	0.88*	2.30*	15580.71*	161.51*	27.74*	3904665.41*
PERIOD	2	110.54*	64.41	0.96*	0.36	0.0030	0.021	55.30	1.74*	3.63	75818.14
DOSE	4	108.54*	97.85*	0.35*	0.36	0.016	0.0073	339.05	0.9723	0.28	33441.74
Y*P	4	98.06*	68.60	0.56*	0.36	0.0095	0.023	842.34	0.88716	2.22	209167.93*
Y*D	8	35.89*	46.43	0.25*	0.36	0.0043	0.066	653.11*	1.08778	2.25	49884.40
P*D	8	34.24	49.90	0.70*	0.36	0.0042	0.32	210.73*	0.9388	2.29	107670.13*
Y*P*D	16	25.00	35.64	0.22*	0.36	0.0044	0.58*	135.32	1.61289*	1.12	124314.25*
RESIDUE	88	28.42	37.83	0.12	3.58	0.0064	0.030	290.19	0.71196	1.22	33564.67
CV (%)		8.5	7.98	15.01	1.13	28.97	5.31	25.67	2.95	26.16	15.21

<sup>1</sup>FV: Factor of Variation; <sup>2</sup>MS: Mean square; <sup>3</sup>DF: Degrees of freedom; <sup>4</sup>HIFC: Height of Insertion of the first capsule; <sup>5</sup>PH: Plant height; <sup>6</sup>SD: Stem diameter; <sup>7</sup>CYCLE: Cycle; <sup>8</sup>GWP: Grain weight per plant; <sup>9</sup>TGW: Thousand grain weight; <sup>10</sup>NGP: Number of grains per plant; <sup>11</sup>NBB: Number of basal branches; <sup>12</sup>NBP: Number of branches per plant; <sup>13</sup>GY: Grain yield. <sup>1</sup>FV: Fator de Variação; <sup>2</sup>MS: Média quadrada; <sup>3</sup>DF: Graus de liberdade; <sup>4</sup>HIFC: Altura de Inserção da primeira cápsula; <sup>5</sup>PH: Altura da planta; <sup>6</sup>SD: Diâmetro da haste; <sup>7</sup>CICLO: Ciclo; <sup>8</sup>GWP: Peso de grãos por planta; <sup>9</sup>TGW: Peso de mil grãos; <sup>10</sup>NGP: Número de grãos por planta; <sup>11</sup>NBB: Número de ramos basais; <sup>12</sup>NBP: Número de filiais por planta; <sup>13</sup>GY: Produtividade de grãos.

Table 2. Comparison test of means for the variables plant height (PH), cycle (CYCLE), grain weight per plant (GWP), number of branches per plant (NBP), and number of capsule (NC) in the municipality of Augusto Pestana of the Northwest of the State of Rio Grande do Sul, Brazil in the years of 2020, 2021, and 2022

Tabela 2. Teste de comparação de médias das variáveis altura de planta (AP), ciclo (CICLO), peso de grãos por planta (GWP), número de ramos por planta (NBP) e número de cápsula (NC) no município de Augusto Pestana do Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, Brasil entre os anos de 2020, 2021 e 2022

YEAR	PH	CYCLE	GWP	NBP	NC
2020	79.80 a	168.82 b	0.19 b	6.10 a	8.72 b
2021	71.72 b	183 a	0.19 b	5.77 a	13.21 a
2022	79.59 a	150 c	0.43 a	4.61 a	12.68 a

It presents an average test, where the variables are year (YEAR), plant height (PH), cycle (CYCLE), grain weight per plant (GWP), number of branches per plant (NBP), and number of capsules (NC).

Apresenta um teste de média, onde as variáveis são ano (ANO), altura de planta (PH), ciclo (CICLO), peso de grãos por planta (GWP), número de ramos por planta (NBP) e número de cápsulas (NC).

recording 79.80 and 79.59 centimeters, respectively (Table 2). The longest duration of the crop cycle was recorded in 2021, with 183 days, whereas 2020 and 2022 recorded cycles of 168.82 and 150 days. The lowest air temperature during the vegetative stage of the crop promoted a longer cycle duration (Figure 1). The

linseed plant needs milder temperatures for appropriate development. The plant can delay its flowering when it is not cold, increasing its cycle, despite its adequate photoperiod.

The highest grain weight per plant was observed in 2022, which is associated with the highest accumulation of precipitation.

The number of branches on the main stem did not differ significantly between years. Although weather conditions were different, the environment did not influence the number of main branches. This suggests that this character may be determined by a greater proportion of genetic effects. The highest means for the number of capsules were observed in 2021 and 2022 (13.21 and 12.68, respectively).

In the analysis of maximum technical efficiency (MTE), interactions between year and moments of nitrogen application were observed and estimated. Based on the quadratic equation of the variable number of basal branches, the prediction of all variables was conducted considering 69.8kg of N ha<sup>-1</sup>. This dose promoted the greatest increase in linseed grain productivity, being the main variable desired by plant breeders and farmers. Thus, the other characters were predicted based on the dose of 69.8kg of N ha<sup>-1</sup>. The mean height of insertion of the first capsule was estimated as 63.03 centimeters in

Table 3. Maximum technical efficiency, the seven variables are height of insertion of the first capsule (HIFC), plant height (PH), stem diameter (SD), thousand grain weight (TGW), number of grains per plant (NGP), number of basal branches (NBB), grain yield (GY). General in YEAR represents the three years of cultivation. For MANAGEMENT, General is for any time, which can also be during basal branching (BB), grain filling (GF), full flowering (FF) in the municipality of Augusto Pestana of the Northwest of the State of Rio Grande do Sul, Brazil  
*Tabela 3. Máxima eficiência técnica, onde havia sete variáveis, sendo: altura de inserção da primeira cápsula (HIFC), altura de planta (PH), diâmetro do caule (SD), peso de mil grãos (TGW), número de grãos por planta (NGP), número de ramos basais (NBB) e produtividade de grãos (RG). Foram obtidos os anos agrícolas onde (Geral) é para os três anos de cultivo, sob manejo de nitrogênio (Geral) é para qualquer época de aplicação (ramificação basal (BB), enchimento de grãos (GF) e floração plena (FF)) no município de Augusto Pestana do Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, Brasil*

VARIABLES	YEAR	MANAGEMENT	Equation	R <sup>2</sup>	Prediction (MTE: 69,8 kg of N ha <sup>-1</sup> )
HIFC	General	General	$y = 61.2893 + 0.0250x$	0.7	63.03 cm
PH	General	General	$y = 75.275 + 0.0294x$	0.5	77.32 cm
SD	2021	BB	$y = 2.2158 + 0.0370x - 0.0370x^2 + 0.00001x^3$	1	4.3 mm
SD	2022	GF	$y = 2.2333 + 0.0209x - 0.0002x^2$	0.8	3.49 mm
SD	2022	FF	$y = 3.2276 - 0.0203x + 0.0002x^2$	0.8	2.00 mm
SD	2022	BB	$y = 1.9556 + 0.0048x$	0.1	2.29 mm
TGW	2021	FF	$y = 3.2879 + 0.0028x$	0.7	3.48 g
TGW	2022	BB	$y = 3.0553 + 0.0152x + 0.0004x^2 - 0.000002x^3$	0.7	4.19 g
NGP	General	General	$y = 48.3941 + 0.1846x$	0.6	61.27 uni
NBB	2021	GF	$y = 3.0857 + 0.0698x - 0.0006x^2$	0.7	7.95 uni
NBB	2021	FF	$y = 2.5667 + 0.0178x$	0.6	3.80 uni
NBB	2021	BB	$y = 3.7333 - 0.0422x + 0.0004x^2$	0.5	6.70 uni
GY	2020	GF	$y = 1.366.2700 + 5.1363x$	0.7	1,694.78 kg
GY	2020	BB	$y = 1.366.5530 + 22.6934x - 0.5807x^2 + 0.0033x^3$	0.9	1,366.55 kg
GY	2022	FF	$y = 1.102.3880 - 19.2523x + 0.4788x^2 - 0.0024x^3$	1	875.48 kg

cases without differences for moments of nitrogen application, and the mean plant height was 77.32 centimeters in cases without differences for any factor.

Stem diameter showed a significant difference for moments of nitrogen application. In 2021, with the application conducted during basal branching, stem diameter reached 4.3 mm. However, in 2022, the stem diameter exhibited differences across the three moments of nitrogen application. During grain filling,

the stem diameter measured 3.49mm, while in full flowering, it reduced to around 2.00 mm. Notably, with nitrogen applied during basal branching, a slight increase was noted, with plants reaching a diameter of 2.29mm.

Regarding the thousand grain weight, differences were obtained for moments of nitrogen application. In 2021, applying nitrogen during full flowering led to a thousand grain weight of 3.48 grams. Meanwhile, in 2022, with the application

carried out during basal branching, thousand grain weight reached 4.19grams.

The variable number of grains per plant showed no difference between years, with plants yielding an average of 61.27 grains across application moments. Similarly, the number of basal branches per plant did not differ between years, but rather between moments of nitrogen application. When application was conducted during the grain filling period, the plants presented 7.95 branches; during full flowering, 3.80

branches; and during basal branching, 6.70 branches were obtained.

For the grain yield in 2020, differences were noted according to the moments of nitrogen application. When it was conducted during grain filling, the plants presented a grain yield of 1.694.78 kg ha<sup>-1</sup>, whereas, when applied during basal branching, 1.366.55 kg ha<sup>-1</sup> was obtained. For the year 2022, with moments of nitrogen application carried out in full differentiation of axillary buds, a yield of 875.48 kg ha<sup>-1</sup> was observed. Studies in RS reported linseed grain productivity varying from 455.54 to 1,649.39 kg ha<sup>-1</sup> in the agricultural years of 2020 and 2021 (Loro *et al.*, 2022) and from 477.93 to 1,649.39 kg ha<sup>-1</sup> in the years of 2020, 2021, and 2022 (Scarton *et al.*, 2023). In cultivation on sowing dates, Pradebon *et al.* (2023) observed linseed grain productivity ranging from 791.97 to 2,675.47 kg ha<sup>-1</sup>. Therefore, the results observed are consistent with the productive performance of linseed.

## Conclusions

- The maximum technical nitrogen efficiency for linseed cultivation is 69.8kg per hectare;
- Nitrogen fertilization at the basal branching stage enhances grain weight, number of grains per plant, and grain yield;
- The application of nitrogen during grain filling enhances grain productivity (> 1.6 tons of grains per hectare) regardless of the agricultural year.

## References

ANTONELLI, J.; LINDINO, C.A.; SANTOS, R.F.; NADALETTI, W.C.; CREMONEZ, P.; ROSSI, E.; FRIEDRICH, L. Flaxseed crop response to nitrogen. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 14, n. 1, p. 39-42, 2013.

BASSEGIO, D.; SANTOS, R.F.; NOGUEIRA, C.E.C.; CATTANÊO, A.J.; ROSSETTO, C. Irrigation management in linseed cultivation. **Acta Iguazu**, v.1, n.3, p. 98-107, 2012.

BILALIS, D.J.; KARKANIS,A; PAPASTYLIANOU, P; PATSIALI, S; ATHANASOPOULOU, M; BARLA, G; KAKABOUKI, I. Response of organic linseed (*Linum usitatissimum* L.) to the combination of tillage systems,

(minimum, conventional and no-tillage) and fertilization practices: Seed and oil yield production. **Australian Journal Of Crop Science**, n.4, p.700-705.

BOSCO, L.C.; BECKER, D.; STANCK, L.T.; CARDUCCI, C.E.; HARTHMANN, O.E.L. Relationship between meteorological conditions and linseed productivity and phenology in agroecosystems in southern Brazil. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.5, p. 24838-24867, 2020.

BRUISMA, G.M.W.; CARVALHO, I.R.; PRADEBON, L.C.; LORO, M.V.; SARTURI, M.V.R.; HUTH, C. Fungicides alternatives for pre-flowering linseed. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.21, p.138-143, 2023.

Carvalho, I.R.; SILVA, J.A.G.; COLET, C.F.; MAGANO, D.A.; VASSO, N.C.F.; PRADEBON, L.C. **Avanços tecnológicos em linhaça: sustentabilidade agrícola, qualidade nutracêutica e farmacológica**. Curitiba: Editora CRV, 2023, 312p.

CARVALHO, I.R.; SILVA, J.A.G.; FERREIRA, L.L.; BUBANS, V.E.; BARBOSA, M.H.; MAMBRIN, R.B.; SOUZA, V.Q. Heritability profiles defined by hierarchical models and Artificial Neural Networks for dual-purpose wheat traits. **Genetics and Molecular Research**, v. 18, n. 3, gmr18266, 2019.

CARVALHO, I.R.; SILVA, J.A.G.; LUCHESE, O.A.; Pradebon, L.C.; LORO, M.V.; BASSO, N.C.F.; BABESKI, C.M.; PETER, C.L.; Sangiovo, J.P. CISJU21 - New linseed cultivar with stability and high grain productivity. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 23, p. 1/ e44262324-6, 2023.

CUNHA, P.C.R.; SILVEIRA, P.M.; XIMENES, P.A.; SOUZA, R.F.; ALVES JÚNIOR, J.; NASCIMENTO, J.L. Fontes, formas de aplicações e doses de nitrogênio em feijoeiro irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.1, p.80-86, 2011.

FURLAN, R.D.P.; Carvalho, I.R.; LORO, M.V.; Hutra, D.J.; Pradebon, L.C.; HUTH, C.; SILVA, J.A.G.; UHDE, L.T.; ALMEIDA, H.C.F. Edaphoclimatic variables in determining flaxseed yield. **Agronomy**

**Science and Biotechnology**, v.8, p.1-12, 2021.

HUTRA, D.J.; CARVALHO, I.R.; SILVA, J.A.G.; HUTH, C.; LORO, M.V.; ZIMMERMANN, C.S.; Sangiovo, J.P.; MOURA, N. Efficient management of the time and dose of nitrogen application in linseed. **Revista de Agricultura**, v.97, p.1-16, 2022.

LORO, M.V.; CARVALHO, I.R.; HUTH, C.; SILVA, J.A.G.; PORT, E.D.; Pradebon, L.C. Agronomic performance of linseed as a function of plant arrangement. **Brasilian Journal of Sustainable Agriculture**, v.12, p.29-39, 2022.

NASA POWER. National Aeronautics and Space Administration. **NASA Prediction of Worldwide Energy Resources**. 2023. Available in: <https://power.larc.nasa.gov/>. Access in: 07/03/2023.

PRADEBON, L.C.; CARVALHO, I.R.; LORO, M.V.; SILVA, J.A.G.; SCHULZ, A.D.; HUTH, C. Morphology of linseed cultivars in contrasting sowing seasons. **Agropecuária Catarinense**, v.36, p.43-50, 2023.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2016. Available in: <https://www.R-project.org>. Access in: 07/03/2023.

SANGIOVO, J.P.; ZIMMERMANN, C.S.; CARVALHO, I.R.; HUTH, C.; LORO, M.V.; HUTRA, D.J.; ALMEIDA, H.C.F.; SILVA, J.A.G. Adjusting the optimal arrangement of plants to maximize the productivity and quality of flaxseed grains. **Brasilian Journal of Sustainable Agriculture**, v.12, p.48-63, 2022.

SCARTON, V.D.B.; CARVALHO, I.R.; BANDEIRA, W.; PRADEBON, L.C.; SANGIOVO, J.P.; LORO, M.V.; HUTH, C. Optimum sowing density arrangement to maximize linseed agronomic performance. **Delos: Desarrollo Local Sostenible**, v. 16, p. 2927-2940, 2023.

STANCK, L.T.; BECKER, D.; BOSCO, L.C. Crescimento e produtividade da linhaça. **Agrometeoros**, v.25, n.1, p.249-256, 2018.

# 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

André Julio do Amaral<sup>1</sup>, José Eloir Denardin<sup>1</sup>, Anderson Santi<sup>1</sup>, Vanderlise Giongo<sup>1</sup> e Fabrício Jardim Hennigen<sup>2</sup>

**Resumo** – Este trabalho objetivou diagnosticar a ocorrência de limitações física e química em lavouras manejadas sob sistema plantio direto. O estudo foi conduzido a campo, em 12 talhões agrícolas em Latossolos, Nitossolos e Cambissolos com caráter alumínico. Ao final do ciclo da cultura da soja foi realizada a amostragem do solo no terço superior, no terço médio e no terço inferior da topossequência, totalizando 36 pontos de coleta e cinco métodos de amostragem. Foram analisados a reação do solo (pH-H<sub>2</sub>O), os teores de fósforo (P) e potássio (K) trocáveis e de matéria orgânica no solo (MO), a densidade do solo (Ds), o volume de poros totais (Pt), de macroporos (Ma) e de microporos (Mi), a taxa estável de infiltração de água no solo (Tei) e o índice de qualidade estrutural do solo (Iqes). A ocorrência de limitação química foi comprovada para o pH-H<sub>2</sub>O, P e K em 70%, 92% e 75% dos talhões, respectivamente, evidenciada pelos métodos de amostragem de forma estratificada. Os teores de MO foram, em média, de 3,7g dm<sup>-3</sup> na camada de 0-20cm. A ocorrência de limitação física foi evidenciada pelos valores de Ds e Ma. O Iqes, com oscilação de 0 a 5, foi, em média, de 3,6. Com base nos critérios estabelecidos constatou-se a presença de limitação química e/ou física em 11 talhões e a amostragem de 0-10cm e 10-20cm como eficaz em identificar a estratificação da fertilidade do solo em SPD.

**Termos de indexação:** Fertilidade do solo; Amostragem do solo; Compactação; Adensamento; Estratificação química.

## Soil physical and chemical diagnosis in crops under no-tillage at Serrano Plateau of Santa Catarina and highlands of Rio Grande do Sul

**Abstract** – This study aimed to identify physical and chemical limitations in crops managed under a no-tillage system. The research was conducted on 12 farm plots with Oxisols, Nitossols, and Cambisols with an aluminum character. After the soybean cycle, soil sampling was done in the upper, middle, and lower third of the top sequence, totaling 36 points using five sampling methods. The study focused on soil pH, exchangeable phosphorus (P) and potassium (K) content, soil organic matter (OM), soil density (Ds), total pore volume (Pt), macropores (Ma), micropores (Mi), stable soil water infiltration rate (Tei), and index of soil structural quality (Iqes). Chemical limitations were found for pH, P, and K in 70%, 92%, and 75% of the plots, respectively. The organic matter content averaged 3.7g dm<sup>-3</sup> in the 0-20cm layer. Physical limitations were evidenced by the values of Ds and Ma. The Iqes ranged from 0 to 5, with an average of 3.6. Chemical and/or physical limitations were found in 11 plots, and sampling of 0-10cm and 10-20cm effectively identified soil fertility stratification in the no-tillage system.

**Index terms:** Soil fertility; Soil sampling, Compaction; Densification; Chemical stratification.

## Introdução

Em lavouras manejadas sob sistema de Plantio Direto (SPD), a calagem é, comumente, realizada em superfície, sem incorporação do calcário na camada de 0-0,2m de profundidade, enquanto a adubação das culturas é, frequentemente, realizada com deposição dos fertilizantes na profundidade de 0,03 – 0,07m (CAIRES *et al.*, 2000; Ciotta *et al.*, 2004; Spera *et al.*, 2018; Nunes *et*

*al.*, 2019; Bellinaso *et al.*, 2021). Os processos de semeadura e adubação praticados nestas lavouras mobilizam menos de 15% do volume de solo da camada de 0-0,2m de profundidade por hectare. Em decorrência, tanto o calcário quanto os adubos tendem a permanecer na camada superficial do solo, provocando estratificação dos indicadores químicos da fertilidade do solo, gerando assim duas camadas: uma superficial, em média, de 0-0,05m de profundidade, sem

acidez, com disponibilidade de nutrientes acima dos níveis de suficiência e alta concentração de raízes; outra subsuperficial, em média, de 0,05-0,20m de profundidade, com acidez, disponibilidade de nutrientes abaixo dos níveis de suficiência e escassez ou ausência de raízes (Sharpley *et al.*, 2001; Garcia *et al.*, 2007; Spera *et al.*, 2018; Nunes *et al.*, 2019).

Em lavouras conduzidas sob PD, com aplicação de calcário em superfície, a

Recebido em 01/11/2023. Aceito para publicação em 24/05/2024.

Editora de seção: Marlise Nara Ciotta

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

<sup>2</sup> 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.v37i2.1777>



ocorrência de limitações físicas do solo, tais como compactação e adensamento, é recorrente, em especial nos solos constituídos por argila do tipo caulinita (Nunes *et al.*, 2019). A compactação e o adensamento restringem os fluxos de água, gases e nutrientes no perfil do solo e aumentam o fluxo de calor e a resistência à penetração de raízes, comprometendo o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Beutler *et al.*, 2005; Franchini *et al.*, 2017; Spera *et al.*, 2018; Nunes *et al.*, 2019; Debiasi *et al.*, 2022).

De acordo com Sentelhas *et al.* (2015), a mesorregião do Planalto Serrano de Santa Catarina e a região fisiográfica dos Campos de Cima da Serra do Rio Grande do Sul, áreas de interesse do presente estudo, reúnem condições de solo e clima capazes de maximizar a produtividade e a rentabilidade de sistemas de produção que integram culturas anuais. Porém, requerem boas práticas de manejo de solo e de culturas, com destaque para a correção dos indicadores químicos da fertilidade do solo referentes à elevada acidez e à baixa disponibilidade de nutrientes. Assim, o uso de técnicas de amostragem em camadas estratificadas do solo, incluindo a camada de 0,10-0,20m do solo, em lavouras sob sistema plantio direto, se reveste de importância para fins de diagnosticar a presença de limitação física ou química da fertilidade do solo e indicar estratégias de manejo para correção (Spera *et al.*, 2018; Nunes *et al.*, 2019; Bellinaso *et al.*, 2021).

O objetivo deste estudo foi definir métodos e critérios para diagnosticar a estratificação de indicadores químicos e físicos da fertilidade do solo na camada de 0-20cm, como suporte à tomada de decisão para corrigi-los, com o intuito de maximizar a produtividade dos sistemas de produção de espécies anuais manejados sob SPD e garantir os benefícios econômicos, sociais e ambientais preconizados pela aplicação dos preceitos do conservacionismo que regem a agricultura.

## Material e métodos

Este estudo foi implementado em

12 talhões de lavouras na Mesorregião Planalto Serrano de Santa Catarina e Região Fisiográfica 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 temperado quente (Cfb), com temperaturas média mínima de 13°C, média máxima de 23°C e média anual de 18°C, e com precipitação anual de 1.600mm a 1.920mm, sem nenhuma 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 relevo; à altitude; à profundidade do perfil; ao teor de argila; à classe textural; à CTC<sub>pH7,0'</sub>; e ao teor de matéria orgânica (Tabela 1).

A calagem, a adubação corretiva e a adubação de manutenção foram realizadas nos talhões conforme laudos de amostras de solo de 0-20cm de profundidade, e as doses definidas com base nas indicações técnicas da CQFS RS/SC (2016), porém, sem incorporação dos fertilizantes no solo.

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). Empregaram-se cinco métodos de amostragem: M1 - camadas de 5 em 5cm, até 20cm de profundidade; M2 - camada com estrutura granular 0-6cm e na camada com estrutura adensada 6-20cm; M3 - camadas de 0-10cm e 10-20cm; M4 - camada de 0-20cm; e M5 - camada de 0-10cm. 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).

Os indicadores químicos foram aqueles que tiveram ou não necessidade de calagem e de adubação corretiva do solo (CQFS RS/SC, 2016), ou seja, pH em água e teores de fósforo (P) e potássio (K). Os níveis críticos foram aqueles citados em CQFS RS/SC (2016): pH inferior a 5,5; teores de P inferiores a 9mg dm<sup>-3</sup>, 12mg dm<sup>-3</sup>, 18mg dm<sup>-3</sup> e 30mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente, para as classes de textura, classe 1: > 600g kg<sup>-1</sup>, 2: 600 a 410g kg<sup>-1</sup>, 3: 400 a 210g kg<sup>-1</sup> e 4: ≤200g kg<sup>-1</sup> e teores de K inferiores a 120mg dm<sup>-3</sup>, correspondentes a CTC<sub>pH7,0'</sub> na faixa de 15,1cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> a 30cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

A interpretação foi embasada nos seguintes critérios: a distribuição do pH, P e K foi considerada estratificada quando seus valores foram iguais ou superiores aos seus níveis críticos em uma das camadas amostradas e inferiores aos seus níveis críticos na outra camada; Portanto, para fins de diagnóstico, considerou-se que há limitação química ao desenvolvimento das plantas quando pelo menos um dos indicadores químicos da fertilidade do solo se encontrava estratificado.

Os indicadores físicos da fertilidade do solo selecionados foram: densidade do solo (Ds); densidade máxima do solo (Ds<sub>máx</sub>); densidade relativa (Ds<sub>rel</sub>); porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), Índice de Qualidade Estrutural do Solo (Iqes); e taxa estável de infiltração de água no solo (Tei).

As zonas de transição e a espessura das camadas de solo nas minitrincheiras foram identificadas via avaliações sensoriais, observando-se a variação da resistência do solo ao toque com instrumento pontiagudo e o formato e a distribuição das raízes das plantas, com atenção a variações bruscas da arquitetura e distribuição das raízes. A seguir, as camadas identificadas foram amostradas com anéis volumétricos de 75 cm<sup>3</sup>, para a determinação da Ds, Pt, Ma e Mi, conforme descrito em Teixeira *et al.* (2017). A Ds<sub>máx</sub> foi estimada pela função de pedotransferência obtida por Marcolin & Klein (2011):

$$\begin{aligned} Ds_{\text{máx}} &= 2,03133855 \\ &- 0,00320878 \text{ MO} - \\ &0,00076508 \text{ argila} \end{aligned} \quad (1)$$

Sendo:  $Ds_{\text{máx}}$  a densidade máxima do solo em  $\text{kg dm}^{-3}$ ; MO o teor de matéria orgânica do solo em  $\text{g kg}^{-1}$ ; e Argila o teor de argila do solo em  $\text{g kg}^{-1}$ .

A densidade relativa ( $Ds_{\text{rel}}$ ), que indica o índice de adensamento do solo, foi estimada pela relação:

$$Ds_{\text{rel}} = Ds \div Ds_{\text{máx}}$$

Sendo: Ds a densidade do solo na camada avaliada em  $\text{kg dm}^{-3}$ ; e  $Ds_{\text{máx}}$  a densidade máxima do solo estimada em  $\text{kg dm}^{-3}$ .

O lqes foi avaliado por meio do Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo (DRES) (Ralisch *et al.*, 2017). A Tei foi avaliada em três pontos representativos de cada talhão, empregando-se o Infiltrômetro de Cornell e procedimentos descritos em Seratto *et al.*, (2019). Os níveis críticos, para Pt, Ma e Mi, foram estipulados, respectivamente, em  $0,55\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ,  $0,10\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  e  $0,37\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  (Stone e Silveira, 2001; Bertol *et al.*, 2004; Beutler *et al.*, 2005; Marcolin e Klein, 2011). O nível crítico, para Tei, foi estipulado em  $50\text{mm h}^{-1}$  (Back e Wildner, 2022) e, para lqes, a nota 4 (Ralisch *et al.*, 2017). O nível crítico, para o indicador  $Ds_{\text{rel}}$ , foi estipulado em 0,85 (Marcolin e Klein, 2011).

A interpretação dos indicadores físicos da fertilidade do solo foi embasada nos seguintes critérios: o indicador Ds foi considerado limitante quando seu valor foi igual ou superior ao seu nível crítico em, pelo menos, uma das camadas avaliadas; os indicadores Pt, Ma e Mi foram considerados limitantes quando seus valores foram iguais ou inferiores aos seus níveis críticos em, pelo menos, uma das camadas avaliadas; o lqes e a Tei foram considerados limitantes quando seus valores foram iguais ou inferiores ao seu nível crítico.

Os resultados envolvendo o diagnóstico químico e físico da fertilidade do solo nos 12 talhões agrícolas foram submetidos à análise estatística descritiva e as médias foram comparadas ao nível crítico de cada indicador químico

e físico da fertilidade do solo, utilizando o intervalo de confiança (IC) ao nível de significância de  $p < 0,05$  como parâmetro, sendo representados de forma gráfica (Masson e Loftus, 2003):

$$IC \ 95\% = M \pm Zc \frac{\delta}{\sqrt{n}}$$

Sendo: M o valor médio do parâmetro avaliado; Zc o nível de confiança 95%;  $\delta$  o desvio-padrão; n o número de observações.

## Resultados e discussão

### Métodos de amostragem do solo

Considerando os níveis críticos dos indicadores químicos da fertilidade do solo (pH, P e K) definidos pela CQFS RS/SC (2016), todos os métodos de amostragem indicaram necessidade de correção química do solo (Figura S1). Porém, ao considerar os critérios definidos para este estudo associados ao nível crítico dos indicadores pH, P e K às diferentes camadas amostradas pelos métodos M1, M2 e M3, constatou-se que estes três métodos, além de evidenciarem a necessidade de correção química do solo em maior frequência do que os métodos M4 e M5, revelaram estratificações destes indicadores no perfil de 0-20cm já percebidas por Sharpley *et al.* (2001), Garcia *et al.* (2007), Spera *et al.* (2018) e Nunes *et al.* (2019).

Os métodos M1, M2 e M3, ao detectarem estratificações de pH, P e K ao longo do perfil de 0 a 20cm de profundidade, são, por esta razão, avaliados como métodos mais precisos do que os métodos M4 e M5, indicados pela SBCS (2016), para a amostragem de solo em talhões submetidos a manejos conservacionistas sem mobilização intensa do solo. Enfatiza-se que, em termos médios, os métodos M1, M2 e M3 revelaram necessidade de correção dos indicadores químicos da fertilidade do solo, respectivamente, em 81%, 78% e 78% dos talhões amostrados, contra apenas 42% e 28% dos talhões amostrados pelos métodos M4 e M5, respectivamente. Com esses dados, infere-se que o método M3, que coleta amostras de solo

nas camadas de 0-10cm e 10-20cm, por sua maior praticidade operacional em relação aos métodos M1 e M2, se consolidou como padrão a ser empregado na avaliação da distribuição dos indicadores químicos da fertilidade do solo, em áreas manejadas sob sistema plantio direto, sobretudo por ser corroborada como um dos métodos recomendados pela CQFS RS/SC (2016) para o monitoramento da fertilidade do solo.

### Indicadores físicos da fertilidade do solo – IFFS

Os valores de Ds da camada com estrutura granular, situada, em média, de 0-6cm de profundidade, se mostraram sempre inferiores àqueles das camadas mais profundas, situadas, em média, de 6-20cm e de 20-35cm (Figura S2a). Na camada com estrutura granular, os valores de Ds variaram de 0,7 a 1,22  $\text{kg dm}^{-3}$  e, na camada adensada, situada, em média de 6-20cm, os valores variaram 1,13 a 1,41  $\text{kg dm}^{-3}$ , sendo que 18% das amostras (7 casos) estão com valores entre 1,32 e 1,41  $\text{kg dm}^{-3}$ . Na camada com estrutura preservada, 20-35cm, os valores de Ds variaram de 1,03 a 1,27  $\text{kg dm}^{-3}$ . Estes resultados são associados aos maiores teores de MO na camada de 0-6cm do solo, resultando em agregados leves, porosos e de estrutura granular, concordando com Tormena *et al.* (2023), que encontraram redução dos valores de Ds com o aumento dos teores de MO, para vários solos na região dos Campos Gerais, no Paraná. Na camada de 6 a 20cm, houve aumento da Ds (Figura S2a). Isto se deve, possivelmente, ao tráfego de máquinas com solo úmido e a aplicação de calcário em superfície. Resultados semelhantes foram obtidos por Spera *et al.* (2018) e Nunes *et al.* (2019), em Latossolos do Cerrado e do Sul do Brasil. Os valores de Ds na camada de 0-35cm foram menores ( $p < 0,05$ ) do que a densidade máxima do solo e apresentaram grau de compactação  $< 0,85$ , valor considerado crítico (Figura S2a, b). Isto indica, a princípio, que não há problema de ordem física limitante ao crescimento e desenvolvimento radicular das plantas, nas condições deste estudo.

Tabela 1. Caracterização dos talhões agrícolas estudados com o objetivo de diagnosticar a fertilidade de solos manejados sob Sistema de Planto Direto e culturas utilizadas nas safras 2020/2021; 2021/2022 e 2022/2023 no Planalto Serrano de Santa Catarina e nos Campos de Cima da Serra do Rio Grande do Sul

Table 1. Characterization of plots in order to diagnose soil fertility under no tillage and crops used in the 2020/2021; 2021/2022 and 2022/2023 in the Serrano Planalto of Santa Catarina and in the highlands of the Rio Grande do Sul

Polo de produção	Talhão	Município/UF	Tipo Solo	<sup>4</sup> Manejo do solo	Declividade (%)	Altitude do talhão (m)	Profundidade do perfil (cm)	<sup>1</sup> Teor de Argila (g kg <sup>-1</sup> )	<sup>1,2</sup> Classe textural	<sup>1,3</sup> CTC <sub>pH7,0</sub> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	<sup>1</sup> MO (%)
I	1	Barracão, RS	Latossolo Vermelho aluminico típico	S/T; S/Avbr; S/T	4	780	>250	510	2	21	34
	2	Barracão, RS	Latossolo Vermelho aluminico típico	S/Avpr; S/Avpr; S/Avpr	3	830	>250	610	2	16	38
	3	São José do Ouro, RS	Latossolo Vermelho aluminico típico	S/Avpr; S/Avbr; S/T	9	785	>250	500	2	14	34
II	4	Zortéa, SC	Cambissolo Háptico aluminico típico	S/Avpr; S/T; S/Avpr	9	792	60 a 150	570	2	22	36
	5	Campos Novos, SC	Nitossolo Vermelho aluminico típico	S/Avpr; S/Avbr; S/T	6	857	>150	580	2	13	36
	6	Campos Novos, SC	Latossolo Bruno aluminico típico	S/Avpr; S/er+Av; Mi/Milt/T	7	838	>150	430	2	15	37
III	7	Brunópolis, SC	Latossolo Bruno aluminico típico	S/Avuc; S/Avuc; S/avuc	10	900	>150	480	2	27	36
	8	Brunópolis, SC	Latossolo Bruno aluminico típico	Mi/avuc; S/avuc; S/avuc	5	860	>150	530	2	19	35
	9	Curitibanos, SC	Nitossolo Bruno aluminico húmico	S/avuc; S/avuc; Mi/avpr+er+nab	5	930	>150	420	2	25	43
IV	10	Cerro Negro, SC	Cambissolo Húmido aluminico léptico	S/Av+Az; S/Av+Az	7	1016	60 a 150	510	2	22	43
	11	Cerro Negro, SC	Cambissolo Háptico aluminico léptico	S/avpr; S/avpr; S/avpr	8	1003	60 a 150	600	2	19	32
	12	Campo Belo do Sul, SC	Nitossolo Vermelho aluminico	S/er; Mi/avpr; S/er	6	834	>150	630	1	16	44

<sup>1</sup>Valores médios da camada de 0-20cm do solo; <sup>2</sup>Teores de argila: classe 1 > 600g kg<sup>-1</sup>, nível crítico para fósforo = 9mg dm<sup>-3</sup>; classe 2 = 600 a 410g kg<sup>-1</sup>, nível crítico para fósforo = 12 mg dm<sup>-3</sup>; classe 3 = 400 a 210 g kg<sup>-1</sup>, nível crítico para fósforo = 18 mg dm<sup>-3</sup>; classe 4 = ≤200 g kg<sup>-1</sup>, nível crítico para fósforo = 30mg dm<sup>-3</sup>. <sup>3</sup>Nível crítico para K no solo = 60mg dm<sup>-3</sup> para CTC<sub>pH7,0</sub> ≤7,5cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; nível crítico para K no solo = 90mg dm<sup>-3</sup> para CTC<sub>pH7,0</sub> 7,6 a 15cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; nível crítico para K no solo = 120mg dm<sup>-3</sup> para CTC<sub>pH7,0</sub> 15,1 a 30cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; e nível crítico para K no solo = 135mg dm<sup>-3</sup> para CTC<sub>pH7,0</sub> ≥30cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Critérios estabelecidos conforme Manual de calagem e adubação para os estados do RS e SC (SBCS, 2016); <sup>4</sup>S=Soja; Avbr=aveia branca; T= trigo; Avpr=Aveia preta; er= ervilhaca; Mi= milho; Milt= milheto; avuc= aveia ucraniana; Av+Az=aveia + azevém (pastejo). <sup>5</sup>Average values of the 0-20cm soil layer; <sup>6</sup>Clay content: class 1 > 600g kg<sup>-1</sup>, critical level for phosphorus = 9mg dm<sup>-3</sup>; class 2 = 600 to 410g kg<sup>-1</sup>, critical level for phosphorus = 12 mg dm<sup>-3</sup>; class 3 = 400 to 210 g kg<sup>-1</sup>, critical level for phosphorus = 18 mg dm<sup>-3</sup>; class 4 = ≤200 g kg<sup>-1</sup>, critical level for phosphorus = 30mg dm<sup>-3</sup>. <sup>7</sup>Critical level for K in the soil = 60mg dm<sup>-3</sup>; <sup>8</sup>Critical level for K in the soil = 90mg dm<sup>-3</sup> for CTCpH7.0 7.6 to 15cmolc dm<sup>-3</sup>; <sup>9</sup>Critical level for K in soil = 120mg dm<sup>-3</sup> for CTCpH7.0 15.1 to 30cmolc dm<sup>-3</sup>; and Critical level for K in soil = 135mg dm<sup>-3</sup> for CTCpH7.0 ≥30cmolc dm<sup>-3</sup>. Criteria established according to the Manual of liming and fertilization for the states of RS and SC (SBCS, 2016); <sup>10</sup>S=soy; Avbr= white oats; er= wheat; Avpr=Black oats; Mi= corn; Milt= millet; avuc= Ukrainian oats; Av+Az=oats + ryegrass (grazing).

De forma similar ao observado para a Ds (Figura S2), constata-se que a Pt apresentou um gradiente da camada superficial para camadas mais profundas do solo. A Pt foi maior do que o nível crítico ( $Pt=0,55$ )  $p < 0,05$ , na camada com estrutura granular e teve seu valor reduzido em profundidade, porém, sem diferir do nível crítico (Figura S3a).

Constata-se que os valores de Ma foram maiores ( $p < 0,05$ ) do que valor crítico ( $0,1 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3}$ ) na camada com estrutura granular (0-6cm) e menores do que o valor crítico ( $p < 0,05$ ) nas camadas adensada (6-20cm) e com estrutura preservada (20-35cm), (figura S3b). Isto indica que ocorre estratificação dos valores de Ma, o que poderia limitar o crescimento e desenvolvimento radicular das plantas em uma condição de déficit hídrico (Franchini *et al.*, 2017; Debiasi *et al.*, 2022). Marcolan *et al.* (2007) e Bertol *et al.* (2004) também encontraram valores de Ma menores do que  $0,1 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3}$  em subsuperfície, em áreas de sistema plantio direto, em um Argissolo Vermelho distrófico típico, no Rio Grande do Sul e em um Cambissolo Húmico alumínico, em Santa Catarina. Os autores apontam que o fornecimento de oxigênio às raízes depende de vários fatores, incluindo tortuosidade, continuidade e distância entre poros.

Constata-se que em todas as situações avaliadas o volume de Mi ficou acima do nível crítico de  $0,37 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3}$ , ou seja, não há limitação em relação à retenção de água (Figura 3c), resultados semelhantes foram observados por Bertol *et al.* (2004), em um Cambissolo Húmico alumínico, sob sistema plantio direto de longo prazo. No entanto, a disponibilidade de água pode ser afetada em função do predomínio de criptoporos na composição da microporosidade do solo. Isto aumenta o conteúdo de água no ponto de murcha permanente, reduzindo a faixa de água prontamente disponível para as plantas. Nestes casos, em anos com distribuição irregular das chuvas durante o ciclo das culturas, a ocorrência de déficit hídrico pode se tornar intensa, provocando redução no rendimento das culturas.

Os valores de Tei ( $n=12$ ) variaram de 32 a  $100 \text{ mm h}^{-1}$  e, com valores médios

de 70, 56, 75 e  $77 \text{ mm h}^{-1}$ , para os polos de produção I, II, III e IV, respectivamente (Figura S4a). Ambos os valores acima de  $50 \text{ mm h}^{-1}$ , considerado como sendo o nível crítico ideal para manter a água no solo e na lavoura (Back e Wildner, 2022).

Os menores valores de Tei no Polo de produção II podem estar associados à baixa diversificação de culturas nos talhões 4 e 5 e ao pisoteio animal no talhão 6, referente ao sistema integração lavoura pecuária (Tabela 1).

Estes resultados são similares aos encontrados por Barcelos *et al.* (1999) e Debiasi *et al.* (2022), em Latossolo Vermelho distrófico típico de textura argilosa, no Planalto Norte do RS e do PR, sob sistema plantio direto. Os autores enfatizam a necessidade da presença nas lavouras de estruturas de contenção do escoamento superficial (tais como terraços), especialmente naquelas que apresentam condições para que o escoamento superficial adquira velocidade.

O índice de qualidade estrutural do solo (Iqes) (Figura S4b), avaliado pela metodologia do DRES, variou de 3.2 a 4.1 nos polos de produção I a IV. Os valores de Iqes encontrados nos talhões dos polos de produção I e II foram de 3.7 e 3.2, respectivamente. Nos polos de produção III e IV, os valores de Iqes foram de 4.1, em ambos os locais (Figura S5). Ralish *et al.* (2017) apontam que valores de Iqes na faixa de 3.0 a 3.9 são classificados como de qualidade estrutural regular e na faixa de 4.0 a 4.9 como sendo de boa qualidade estrutural. As recomendações para melhoria do Iqes nos polos de produção I e II se referem ao aprimoramento do sistema de produção, ampliando a diversificação de culturas, incluindo espécies vegetais com alto aporte de fitomassa aérea e de raízes, com destaque para as gramíneas de verão, em um sistema de rotação, sucessão e/ou de consorciação de culturas.

#### **Indicadores químicos da fertilidade do solo – IQFS**

Os valores de  $\text{pH-H}_2\text{O}$  diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) do nível crítico (NC) ( $\text{pH-H}_2\text{O} = 5,5$ ), na camada de

0-20cm, com redução dos valores em profundidade. Em média foram maiores do que o NC ( $p < 0,05$ ) na camada de 0-5cm do solo, iguais ao NC na camada de 5-10cm ( $p > 0,05$ ) e menores ( $p < 0,05$ ) do que o NC, nas camadas de 10-15cm e 15-20cm e camada inferiores até 40cm do solo. Este resultado evidencia a estratificação deste indicador químico da fertilidade do solo em áreas manejadas sob plantio direto nas condições deste estudo (Figura S5a).

A estratificação de  $\text{pH-H}_2\text{O}$  observada pode ser atribuída ao modo de aplicação de calcário (em superfície sem incorporação), ocorrendo com frequência menor do que 5 anos, e, ao modelo de produção vigente, baseado no cultivo de soja no verão e pastagem de aveia + azevém no inverno, o que condiciona baixo aporte de fitomassa ao solo, bem como, pelo tipo de solo, em geral de textura argilosa com presença de caráter alumínico e elevados teores de matéria orgânica (Tabela 1). Resultados semelhantes foram observados por Spera *et al.* (2018) e Nunes *et al.* (2019), em áreas sob sistema plantio direto, em condições semelhantes à do presente estudo.

Em relação aos teores de  $\text{K}^+$ , observa-se que os valores foram maiores do que o NC ( $120 \text{ mg dm}^{-3}$ ) ( $p < 0,05$ ) na camada de 0-5cm, iguais ao NC ( $p > 0,05$ ) nas camadas de 5-10cm e 10-15cm e menores do que o NC ( $p < 0,05$ ) na camada de 15-20cm, permanecendo menores do que o NC ( $p < 0,05$ ) com redução dos teores em profundidade na camada de 20-40cm na (Figura S5b). Portanto, houve estratificação de  $\text{K}^+$  no perfil de solo.

Valores de  $\text{K}^+$  inferiores ao nível crítico na camada superficial do solo podem limitar o rendimento das culturas. Sousa & Lobato (1996) identificaram um incremento de  $0,8 \text{ t ha}^{-1}$  no rendimento de soja com a elevação dos níveis de  $\text{K}^+$  no solo, na camada de 0-20cm, em um Latossolo Vermelho distroférrico argiloso do Cerrado Brasileiro. Esse aumento foi obtido com a adição de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , gerando uma relação de  $8,4 \text{ kg}$  de grãos de soja para cada quilo de  $\text{K}_2\text{O}$

aplicado. Os valores de  $K^+$  em média ( $n=36$ ) encontram-se em níveis adequados (maiores ou igual ao NC), somente na camada de 0-10cm, com valores inferiores ao NC na camada de 10-20cm. Nos anos cujo o regime de chuvas é regular, esta condição pode satisfazer a necessidade da cultura, porém, em anos com déficit hídrico, as perdas de rendimento podem ser acentuadas.

A distribuição dos teores de P na camada de 0-40cm do solo, foi muito similar aos de  $K^+$ , ou seja, os teores de P foram maiores ( $p<0,05$ ) do que o NC ( $12\text{mg dm}^{-3}$ ), na camada de 0-5cm, iguais ao NC ( $p>0,05$ ) nas camadas de 5-10cm e 10-15cm e menores do que o NC ( $p<0,05$ ) na camada de 15-20cm (Figura S5c). Isto evidencia a necessidade de correção dos níveis de P, até atingir pelo menos 20cm de profundidade do solo. Além disso, chama a atenção o risco de transferência de P para mananciais de água, via escoamento superficial em função da baixa mobilidade deste elemento no solo e dos elevados teores na camada superficial. Estes resultados corroboram os observados por Garcia *et al.* (2007), que apontam que a estratificação de nutrientes no perfil de solos sob SPD é comum, com os nutrientes se concentrando na camada de 0-5cm de profundidade do solo, especialmente P e K, devido à menor mobilização do solo. Os valores de MO foram altos na camada de 0-5cm e médios na camada de 5-20cm (Figura S5d), conforme critérios estabelecidos em (CQFS RS/SC, 2016). Em praticamente todas as situações, os valores médios de MO no solo foram iguais ou superiores ao nível crítico (3% de MO), na camada de 0-20cm, caracterizando apenas gradientes de concentração (Figura S5d). Elevados teores de MO são características típicas dos solos da região de estudo, sendo condicionados pelo clima frio e por altitudes acima de 800m (Tabela 1). As estratificações de P, K e pH em SPD podem afetar o desempenho das culturas, especialmente quando ocorrem estiagens ou déficit hídrico durante a estação de crescimento na fase de florescimento e enchimento de grãos (Spera *et al.*, 2018, Sentelhas

*et al.*, 2015, Bellinaso *et al.*, 2021).

De acordo com Bellinaso *et al.* (2021), a estratificação e a baixa disponibilidade de P em profundidade do solo resultaram em redução no rendimento de grãos de soja em um Argissolo Vermelho distrófico arênico da Depressão Central do RS. Os autores reforçam a necessidade de se realizar amostragem estratificada em áreas de sistema plantio direto consolidado, considerando a camada de 10-20cm do solo para a tomada de decisão quanto à necessidade de incorporação de calcário, P e K na camada de 0-20cm do solo, conforme (CQFS RS/SC, 2016). O rendimento médio nas últimas três safras (20/21; 21/22 e 22/23) de grãos de soja nas áreas de estudo foi da ordem de 60; 71; 62 e 61sc  $\text{ha}^{-1}$  para os polos de produção I, II, III e IV (informação pessoal), respectivamente. De acordo com os resultados obtidos no diagnóstico físico e químico, sugere-se: quando necessário, reiniciar o SPD com a correção das limitações físicas e químicas nos talhões; incorporar corretivos e adubos na camada de 0-20cm de profundidade; semear gramínea de verão de forma isolada ou em consórcio com cereal de inverno, logo após a incorporação dos corretivos e fertilizantes; redesenhar o modelo de produção, associando às espécies geradoras de renda plantas de serviço no outono, no inverno ou no outono-inverno; intensificar a diversificação de culturas, incluindo espécies com funções pré-definidas: criação e estabilização estrutural do solo; fixação biológica de nitrogênio; ciclagem e reciclagem de nutrientes; prevenção de pragas (insetos, doenças e plantas daninhas); mínimo revolvimento do solo, cobertura permanente e aporte contínuo de matéria orgânica ao solo via palha e raízes.

## Conclusões

O diagnóstico físico do solo identificou a presença de duas camadas distintas: uma com estrutura granular de condições físicas adequadas em média de 0-0,06m do solo; outra de maior densidade em média de 0,06-0,20m do

solo, com porosidade total reduzida e, em geral, com volume de macroporos menores do que  $0,1\text{dm}^3 \text{dm}^{-3}$ .

A limitação de ordem química foi caracterizada pela estratificação dos teores de P, K e pH no solo e ocorreu com maior frequência do que a limitação física.

O método de amostragem M3, que considera amostras entre as camadas de 0-10cm e 10-20cm, foi eficaz em detectar a presença de estratificação de indicadores químicos da fertilidade do solo.

## Agradecimentos

Aos produtores associados e aos técnicos de campo da Cooperativa Regional Agropecuária de Campos Novos – Copercampos, pelo acesso às áreas e apoio logístico para a caracterização e amostragem de solo nos talhões, aos técnicos da Embrapa Darci Luiz Veronese, Telles Dall Agnol e Cristiano Albino Tomasi, pelo apoio nos trabalhos de campo e de laboratório. Trabalho executado com recursos do contrato N° 21100.22/0108-0 de Cooperação Técnica e financeira entre Embrapa e Copercampos.

## Referências

- 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. (Epagri, Documentos, 348).
- BARCELOS, A.A.; CASSOL, E.A.; DENARDIN, J.E. Infiltração de água em um Latossolo Vermelho Escuro sob condições de chuva intensa em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.35-43, 1999.
- 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.

- BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.A.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.; ZOLDAN JÚNIOR, W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.155-163, 2004.
- BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; ROQUE, C.G.; FERRAZ, M.V. Densidade relativa ótima de Latossolos Vermelhos para a produção de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.6, p.843-849, 2005.
- CAIRES, E.F.; BANZATTO, D.A.; FONSECA, A.F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.161-169, 2000.
- CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J. A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.317-326, 2004.
- CQFS RS/SC. 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.
- 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. 137p. (Embrapa Soja. Documentos, 447).
- FRANCHINI, J.C.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; Debiassi, H.; NEPOMUCENO, A.L. Root growth of soybean cultivars under different water availability conditions. **Semina: Ciências Agrárias**, v.38, p.715-724, 2017.
- GARCIA, J.P.; WORTMANN, C.S.; MAMO, M.; DRIJBER, R.; TARKALSON, D. One-  
Time Tillage of No-Till: Effects on Nutrients, Mycorrhizae, and Phosphorus Uptake. **Agronomy Journal**, v.99, n.4, p.1093-1103, 2007.
- MARCOLAN, A.L.; ANGHINONI, I.; FRAGA, T.I.; LEITE, J.G.D. Recuperação de atributos físicos de um Argissolo em função do seu revolvimento e do tempo de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.571-579, 2007.
- MARCOLIN, C.D.; KLEIN, V.A. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.33, n.2, p. 349-354, 2011.
- MASSON, M.E.J.; LOFTUS, G.R. Using confidence intervals for graphically based data interpretation. **Canadian Journal of Experimental Psychology**, v.57, p.203-220, 2003.
- 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**, 2019.
- RALISCH, R.; Debiassi, 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. 63p. 2017. (Embrapa Soja, Documentos, 390).
- 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. 356 p.
- SENTELHAS, P.C.; BATTISTI, R.; CÂMARA, G.M.S.; FARIAS, J.R.B.; HAMPF, A. C.; NENDEL, C. The soybean yield gap in Brazil – magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. **Journal of Agricultural Science**, Camb., p.1-18. 2015.
- SERATTO, C.D.; Franchini, J.C.; SERATTO, F.R.; DEBIASE, H.; SANTOS, E.L.; CONTE, O.; MORALES NETO, S.; BRISCHILIARI, V. **Infiltrômetro de aspersão de Cornell aperfeiçoado: aspectos construtivos, operacionais e de manutenção**. Londrina: Embrapa Soja. 67p. 2019. (Embrapa Soja. Documentos, 424).
- SHARPLEY, A.N.; MCDOWELL, R.W.; KLEINMAN, P.J.P. Phosphorus loss from land to water: integrating agricultural and environmental management. **Plant and Soil**, v.237, n.287-307, 2001.
- SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. **Correção do solo e adubação da cultura da soja**. Planaltina, Embrapa. 30p. 1996. (Embrapa. CPAC. Circular técnica, 33).
- 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).
- STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.395-401, 2001.
- TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMA, G.; K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017. 573p.
- 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. In: **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**. BETTIOL, W.; SILVA, C.A.; CERRI, C.E.P.; MARTIN NETO, L.; ANDRADE, C.A. de. (Ed.). Brasília: Embrapa, 2023. p.85-125.
- WREGG, 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.

# Caracterização dos teores naturais de bário em diferentes solos no estado de Santa Catarina

Daniely Neckel Rosini<sup>1</sup>, Caroline Aparecida Matias<sup>1</sup>, Betel Cavalcante Lopes<sup>1</sup>, Beatriz Rodrigues Muniz<sup>1</sup>, Fabiele Arruda Delfino<sup>2</sup>, Letícia Visentin Borges<sup>3</sup> e Mari Lucia Campos<sup>4</sup>

**Resumo** – O bário pode estar presente no solo como resultado de processos geológicos naturais ou por atividades antrópicas. O objetivo do trabalho foi avaliar os teores de bário em 34 solos da serra e oeste catarinenses e sua correlação com o pH, matéria orgânica, argila e saturação por bases. Para isso, foram realizadas coletas de solos no horizonte A em uma profundidade máxima de 20cm, sendo secos em estufa, homogeneizados e peneirados. Os cátions  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  foram extraídos com solução salina, o  $\text{K}^+$  em solução ácida e a acidez potencial com acetato de cálcio e as leituras foram realizadas no fotômetro de chamas e espectrofotômetro de absorção atômica. Para as análises de carbono orgânico total foi usado o equipamento Multi N/C 2100, o pH em água e KCl foi por meio de pHmetro de bancada, a argila pelo método da pipeta e o bário por digestão ácida seguindo o método 3050B e posterior leitura no ICP-OES. Os teores de bário variaram entre 18,73mg  $\text{kg}^{-1}$  (P19), que é um Organossolo Fólico Sáprico típico de área de mata nativa e 481,71mg  $\text{kg}^{-1}$  (P16) no Nitossolo Vermelho Distroférico típico em área de campo nativo. O bário apresentou as maiores correlações positivas com o pH e com a saturação por bases. Os solos da região oeste apresentam maiores teores naturais de bário do que os da região serrana. Os teores naturais de bário nos solos podem variar mesmo em regiões próximas.

**Termos para indexação:** Teores de Bário; Solos Catarinenses; Solos basálticos.

## Characterization of natural barium levels in different soils in the state of Santa Catarina

**Abstract** – Barium can be present in the soil as a result of natural geological processes or by anthropogenic activities. The aim of this work was to evaluate the barium contents in 34 soils in the mountains and west of Santa Catarina and its correlation with pH, organic matter, clay and base saturation. For this, soil samples were collected in the A horizon at a maximum depth of 20cm, dried in an oven, homogenized and sieved. The  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{Al}^{3+}$  cations were extracted with saline solution, the  $\text{K}^+$  in an acidic solution and the potential acidity with calcium acetate and the readings were performed in a flame photometer and atomic absorption spectrophotometer. For the analyzes of total organic carbon, the Multi N/C 2100 equipment was used, the pH in water and KCl was by means of a bench pH meter, the clay by the pipette method and the barium by acid digestion following the 3050B method and subsequent reading in ICP-OES. The barium contents ranged from 18.73mg  $\text{kg}^{-1}$  (P19), which is a typical Sápric Folic Organosol in a native forest area, to 481.71mg  $\text{kg}^{-1}$  (P16) in the Dystroferic Red Nitosol typical in a native grassland area. Barium showed the highest positive correlations with pH and base saturation. The soils of the western region have higher natural levels of barium than those of the mountainous region. Natural barium contents in soils can vary even in nearby regions.

**Index terms:** Barium levels; Santa Catarina soils; Basaltic soils.

## Introdução

O solo é um recurso natural não renovável, parte fundamental do ambiente natural que desempenha um papel essencial na sustentação da vida na Terra. A formação do solo é influenciada por uma combinação complexa de fatores que atuam ao longo de milhares

a milhões de anos. Esses fatores interagem para determinar as características e propriedades do solo em uma determinada região. Os principais fatores de formação do solo são o clima, os organismos, o relevo, o tempo e o material de origem no solo. Esses fatores interferem na composição do solo que é formado (Jenny, 1994).

O bário (Ba) é um elemento químico encontrado naturalmente no solo, mas também pode estar presente em concentrações elevadas devido a atividades humanas, como mineração e processamento de minerais. A exposição a altos níveis, maiores que 1000mg  $\text{kg}^{-1}$  de Ba, é tóxica para os seres vivos, sendo que concentrações elevadas no solo podem

Recebido em 09/09/2023. Aceito para publicação em 13/06/2024.

Editor de seção: João Frederico Mangrich dos Passos

<sup>1</sup> Doutoranda em Ciência do Solo, Laboratório de Análise e Levantamento Ambiental, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc), e-mail: danielybio@hotmail.com, carolineaparecidamatias@hotmail.com, betelcavalcante@gmail.com, beatriz.muniz@edu.udesc.br.

<sup>2</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Udesc, campus Lages, e-mail: fabi.delfino25@gmail.com

<sup>3</sup> Acadêmica do Curso de Agronomia, Udesc, campus Lages, e-mail: leticiavisentinbo@hotmail.com

<sup>4</sup> Professora, engenheira agrônoma, Dra., Laboratório de Análise e Levantamento Ambiental, Centro de Ciências Agroveterinárias, Udesc, e-mail: mari.lucia@edu.udesc.br.

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i2.1750>

afetar a saúde das plantas, inibindo seu crescimento e desenvolvimento (EPA, 2005). O Ba pode bioacumular na cadeia alimentar e a ingestão de água ou alimentos contaminados com altos níveis de Ba resultam em problemas de saúde, como distúrbios gastrointestinais, cardiovasculares e neurológicos. Em concentrações naturais, o Ba não costuma representar um risco significativo para a saúde humana ou para os ecossistemas (Silva Júnior *et al.*, 2022).

Os teores naturais de Ba no solo dependem do conteúdo dessa substância na rocha de origem e do grau de intemperização que esse material sofreu. As atividades antrópicas podem elevar o teor deste metal pesado no solo, podendo atingir concentrações muito altas, as quais podem comprometer a qualidade do ecossistema. Por isso, o Ba está incluído na lista de substâncias perigosas da *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR, 2010), sendo também regulamentado pela legislação ambiental de diversos países quanto aos valores orientadores de qualidade do solo.

Nas regiões em que o solo tem como material de origem o basalto, pode-se encontrar o metal alcalino-terroso Ba, pois ele ocorre naturalmente em pequenas quantidades em rochas ígneas, feldspato e micas. Além disso, as principais formas minerais em que o Ba é encontrado são a barita (sulfato de bário) e a witherita (carbonato de bário) (World Health Organization, 1990).

Diante desse contexto, o objetivo do estudo foi avaliar os teores naturais de bário em solos das regiões serrana e oeste de Santa Catarina e correlacionar os dados com o pH, a saturação por bases, o teor de argila e o carbono orgânico total desses solos.

## Material e métodos

O estado de Santa Catarina está localizado em área de interferência do clima mesotérmico úmido, com verão fresco, sem estação seca, com amplitude térmica entre inverno e verão e

está inserido no bioma Mata Atlântica e Floresta Ombrófila Mista e de Savana. O solo da serra de Santa Catarina é predominantemente formado a partir de rochas basálticas e graníticas. Esses solos variam em profundidade e fertilidade, influenciados pelo relevo montanhoso, clima subtropical úmido e vegetação de florestas de araucária e campos de altitude. A alta pluviosidade e as temperaturas mais baixas favorecem a formação de solos ricos em matéria orgânica, embora a erosão em áreas de encostas íngremes resulte em solos mais rasos e pedregosos (Ometto, 1981). O território do Oeste Catarinense pertence ao Complexo Regional do Sul do Brasil, onde são comuns solos provenientes de rochas como o basalto, que deram origem a superfícies de terras roxas e terras brunas, característica de locais com temperaturas baixas e clima um pouco úmido, estes denominados Latossolos Vermelhos e Nitossolos Brunos (Lepsch, 2016).

Foram coletadas 34 amostras de solos nas regiões serrana (P1 a P19) e oeste (P20 a P34) do estado de Santa Catarina. A coleta contemplou o horizonte A dos perfis, atingindo uma profundidade máxima de 20cm, durante o período de junho a dezembro de 2021 (Tabelas 1 e 2). Essas amostras foram preparadas para análise, passando por destorroamento, homogeneização e secagem em estufa. As análises dos elementos Ca, Mg, K, Al, acidez potencial, carbono orgânico total (TOC) e pH foram realizadas na fração de 2,0mm do solo. Para a análise do elemento Ba, o solo foi moído em um gral de ágata e peneirado através de uma peneira de 0,074mm.

Para a extração dos elementos  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  da solução do solo, o método com KCl foi empregado (Tedesco, 1995). Antes da leitura, foi adicionada uma solução de Sr a 0,3% em HCl 0,2 M e a absorvância do Ca e Mg foi determinada por espectrofotometria de absorção atômica (EAA) de alta resolução, utilizando o equipamento PerkinElmer AAnalyst 200. A determinação do  $\text{Al}^{3+}$  foi realizada por meio de titulação com

NaOH. Para a extração de K, foi utilizada a metodologia Mehlich-1 (Tedesco, 1995). O teor de  $\text{K}^+$  foi determinado por meio de fotometria de chama, utilizando o equipamento DM-62 da marca Digimed. As análises de pH foram conduzidas seguindo o método da EMBRAPA (Teixeira, 2017), utilizando água e KCl como solventes. A acidez potencial foi determinada utilizando acetato de cálcio e titulação com NaOH e fenolftaleína (Tedesco, 1995). O teor de argila foi quantificado pelo método da pipeta (Teixeira, 2017). As análises de TOC foram realizadas com o equipamento Multi N/C 2100 da Analytik Jena.

Foram realizadas digestões em quadruplicatas para as análises de Ba, seguindo o método 3050B da USEPA (2003). Em tubos de digestão, 1,0g de cada solo foi pesado e adicionado 1,0mL de água destilada e 10mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado. Cada porção digerida foi complementada com uma amostra de referência certificada NIST 2709A (SRM San Joaquin Soil) e duas provas em branco, totalizando, ao menos, oito provas em branco. As amostras foram aquecidas a  $95^\circ\text{C}$  e resfriadas várias vezes com adição de  $\text{H}_2\text{O}_2$  até que não fosse mais gerada fumaça marrom. Após o resfriamento, o volume das amostras foi completado para 50mL. Os extratos resultantes foram filtrados usando papel filtro faixa azul e armazenados em tubos para posterior leitura no equipamento de espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP OES) da marca Perkin-Elmer, modelo Optima 8000.

As concentrações de Ba foram comparadas com os teores estabelecidos na resolução CONAMA nº 420 (Brasil, 2009) e correlacionadas com os atributos químicos e físicos do solo por meio do coeficiente de correlação de Pearson. Os dados foram tabulados no Excel para realizar a análise.

## Resultados e discussão

Há uma grande amplitude na variação dos teores naturais de Ba nos solos



Tabela 1. Localização dos pontos amostrados no período de junho a dezembro de 2021 em Santa Catarina, Brasil

Table 1. Location of sampled points in the June to December 2021 period in Santa Catarina State, Brazil

Ponto	Localização		Uso do solo
P1	50°22'54.91"W	28°14'48.54"S	Pastagem natural
P2	50°10'37.20"W	28°23'42.00"S	Pastagem
P3	50°28'22.80"W	28°24'18.00"S	Mata nativa
P4	50°14'24.00"W	27°33'50.40"S	Reflorestamento com pinus
P5	50°13'55.20"W	27°46'44.40"S	Pastagem
P6	50°16'22.80"W	27°55'48.00"S	Pastagem
P7	50°23'45.60"W	28°18'39.60"S	Pastagem
P8	49°32'38.40"W	27°48'54.00"S	Pastagem
P9	50° 9'50.40"W	27°38'38.40"S	Mata nativa
P10	50°24'10.80"W	27°47'38.40"S	Pastagem
P11	49°33'54.00"W	28°22'19.20"S	Pastagem
P12	50°18'10.80"O	28°19'51.60"S	Campo nativo
P13	50°13'55.20"W	27°46'44.40"S	Pastagem
P14	50° 7'44.40"W	27°53'42.00"S	Pastagem
P15	50°15'56.58"W	28°22'26.68"S	Pastagem
P16	50°17'38.40"W	28°20'42.00"S	Campo nativo
P17	49°34'45.28"W	28°21'59.22"S	Campo nativo
P18	49°33'20.49"W	28°24'16.69"S	Campo nativo
P19	49°51'24.97"W	27°55'29.11"S	Mata nativa
P20	51°29'15.88"W	27°5'39.53"S	Mata nativa
P21	52°18'21.60"W	26°48'39.60"S	Culturas anuais
P22	51° 5'6.00"W	27°22'30.00"S	Campo nativo
P23	52° 2'31.20"W	26°51'21.60"S	Culturas anuais
P24	50°34'44.40"W	27°22'12.00"S	Culturas anuais
P25	50°42'21.60"W	26°56'49.20"S	Mata nativa
P26	51°32'6.17"W	27° 2'39.74"S	Pastagem
P27	51°28'40.80"W	27° 6'43.20"S	Mata nativa
P28	51°50'7.58"W	27°22'19.17"S	Mata nativa
P29	51°49'1.59"W	27°23'0.71"S	Mata nativa
P30	51°48'29.37"W	27°23'37.76"S	Pastagem
P31	53°29'46.26"W	26°52'1.56"S	Culturas anuais
P32	53°26'3.26"W	26°52'39.72"S	Mata nativa
P33	53°20'32.20"W	26°57'16.61"S	Mata nativa
P34	53°21'9.64"W	27° 0'50.43"S	Pastagem

situados na região serrana do estado de Santa Catarina (Tabela 3). As concentrações variam entre 18,73mg kg<sup>-1</sup> e 481,89mg kg<sup>-1</sup> de Ba no solo. O Nitossolo Vermelho Distroférico típico (P16), que é uma área de campo nativo, com material de origem oriundo do basalto, apresentou a maior concentração de Ba. As menores concentrações de Ba (18,73; 21,79 e 23,02mg kg<sup>-1</sup>) foram identificadas, respectivamente, no Organossolo Fólico Sáprico típico (P19), no Cambissolo Húmico Distroférico típico (P10) e no Cambissolo Hístico (P8). Os solos são oriundos de diferentes materiais, riocacito, basalto e folhelhos. Nos Organossolos, a matéria orgânica dominante e a falta de minerais argilosos em quantidades significativas limitam a interação do bário com o solo e, por isso, este metal geralmente é encontrado em baixas concentrações.

Nos solos do oeste, os teores de Ba variaram de 24,76mg kg<sup>-1</sup> a 212,25mg kg<sup>-1</sup> (Tabela 3 e Figura 1). Os maiores teores de Ba foram observados em Neossolo Litólico Eutrófico chernossólico (P30), Nitossolo Vermelho Eutrófico típico (P28) e Cambissolo Háptico Eutrófico típico (P34), coletados em áreas de campo (P30 e P34) e mata nativa (P28). Por sua vez, as menores concentrações do elemento foram encontradas em Latossolo Vermelho Distroférico húmico (P21), Nitossolo Bruno Distrófico húmico latossólico rúbico (P24) e Nitossolo Bruno Distrófico rúbico (P25) coletados em áreas de mata nativa (P25) e próximos a culturas anuais (P21 e P24). Em Nitossolos, a concentração de Ba é baixa devido ao acúmulo de óxidos de ferro. No entanto, no Neossolo, devido à alta capacidade de troca de cátions (CTC) e ao material de origem, ocorre uma concentração maior de Ba.

A resolução CONAMA nº 420 (Brasil, 2009), determina os valores de prevenção do Ba no solo de 150mg kg<sup>-1</sup>. Esse valor de prevenção, indica a concentração limite de Ba no solo para que o mesmo seja capaz de sustentar as suas funções. Os valores de investigação determinam a concentração acima da qual

Tabela 2. Classificação dos solos, município de coleta e material de origem no período de junho a dezembro de 2021 em Santa Catarina, Brasil

Table 2. Soil classification, collection municipality, and parent material in the June to December 2021 period in Santa Catarina State, Brazil

Ponto	Classificação	Município	Material de origem
P1	Cambissolo Háptico Alítico típico	Lages	Riodacito
P2	Cambissolo Háptico Alítico típico	São Joaquim	Riodacito vermelho
P3	Cambissolo Háptico Alítico típico	Lages	Riodacito vermelho
P4	Cambissolo Háptico Alumínico típico	Palmeira	Fonolito porfirítico
P5	Cambissolo Háptico Alumínico úmbrico	Lages	Fonolito
P6	Cambissolo Háptico Alumínico úmbrico	Lages	Basalto
P7	Cambissolo Háptico Alumínico úmbrico	Lages	Riodacito
P8	Cambissolo Hístico	Bom Retiro	Folhelhos
P9	Cambissolo Húmico Alumínico típico	Lages	Sienito
P10	Cambissolo Húmico Distroférico típico	Lages	Basalto
P11	Cambissolo Húmico Distrófico organossólico	Bom Jardim da Serra	Basalto
P12	Cambissolo Húmico Distrófico típico	Lages	Riodacito vermelho
P13	Neossolo Regolítico Húmico típico	Lages	Fonolito
P14	Nitossolo Bruno Distrófico típico	Painel	Basalto
P15	Nitossolo Vermelho Alítico típico	São Joaquim	Basalto
P16	Nitossolo Vermelho Distroférico típico	Lages	Basalto
P17	Cambissolo Háptico Tb Distroférico típico	Bom Jardim da Serra	Riodacito
P18	Organossolo Fólico Sáprico cambissólico	Bom Jardim da Serra	Riodacito
P19	Organossolo Fólico Sáprico típico	Urupema	Riodacito
P20	Cambissolo Háptico Ta Eutrófico típico	Luzerna	Basalto
P21	Latossolo Vermelho Distroférico húmico	Faxinal dos Guedes	Basalto
P22	Latossolo Vermelho Distrófico retrático úmbrico	Campos Novos	Basalto
P23	Nitossolo Bruno Distrófico húmico	Ponte Serrada	Riodacito
P24	Nitossolo Bruno Distrófico húmico latossólico rúbrico	Curitibanos	Riodacito
P25	Nitossolo Bruno Distrófico rúbrico	Lebon Regis	Basalto
P26	Nitossolo Háptico Distrófico típico	Luzerna	Basalto
P27	Nitossolo Vermelho Eutrófico típico	Luzerna	Basalto
P28	Nitossolo Vermelho Eutroférico típico	Ipira	Basalto amigdalóide
P29	Argissolo Amarelo Eutrófico típico	Ipira	Basalto
P30	Neossolo Litólico Eutrófico chernossólico	Ipira	Basalto
P31	Nitossolo Vermelho Eutroférico chernossólico	Descanso	Basalto
P32	Chernossolo Argilúvico Férrico típico	Descanso	Basalto
P33	Chernossolo Háptico Férrico típico	Descanso	Basalto amigdalóide
P34	Cambissolo Háptico Eutroférico típico	Descanso	Basalto

Tabela 3. Dados de análises químicas nos solos de regiões de Santa Catarina, Brasil  
 Table 3. Data from chemical analyzes on soils from regions of Santa Catarina, Brazil

Ponto	Saturação por Bases	pH água	pH KCl	TOC (g kg <sup>-1</sup> )	Argila (g kg <sup>-1</sup> )	Bário (mg kg <sup>-1</sup> )
P1	3,99	5,23	4,02	33,85	602,15	42,19
P2	3,17	5,03	3,93	44,55	457,49	46,77
P3	12,33	5,02	4,02	27,90	472,87	97,45
P4	6,91	4,74	3,93	21,15	557,36	62,52
P5	4,34	5,11	3,92	19,30	506,95	76,15
P6	25,09	5,34	4,29	32,30	511,55	84,89
P7	3,60	5,07	4,01	21,10	535,58	43,45
P8	14,05	5,54	4,17	26,85	436,03	23,02
P9	8,75	5,48	4,19	23,85	349,43	120,13
P10	6,86	5,65	4,26	18,75	504,69	21,79
P11	4,19	5,24	4,10	127,50	124,12	25,01
P12	4,72	5,20	3,91	36,65	566,84	70,43
P13	6,13	5,37	4,05	22,35	621,64	34,15
P14	38,15	6,20	5,22	30,50	657,90	50,87
P15	7,19	5,23	4,04	28,95	587,78	107,78
P16	27,05	5,89	4,83	30,75	522,72	481,71
P17	7,88	5,19	4,15	119,00	143,25	46,89
P18	3,76	4,85	3,85	249,00	142,81	31,60
P19	4,07	4,74	3,68	212,50	134,72	18,73
P20	13,22	5,19	4,12	25,60	568,22	47,63
P21	92,83	6,70	6,03	27,45	481,30	28,89
P22	55,92	5,53	4,34	18,90	621,12	52,57
P23	55,25	5,89	4,57	28,10	511,47	96,67
P24	47,58	5,58	4,29	26,50	752,66	26,94
P25	5,68	4,94	3,94	26,35	641,33	24,76
P26	8,38	4,55	3,91	28,35	617,12	45,01
P27	81,43	6,18	5,28	20,50	366,09	145,13
P28	78,43	6,01	5,19	53,05	422,99	180,02
P29	79,44	6,04	5,33	29,80	509,24	141,62
P30	85,54	6,39	5,49	32,80	338,51	212,25
P31	79,92	5,82	4,99	52,00	505,30	93,73
P32	88,14	6,34	5,29	26,80	271,70	124,17
P33	78,31	6,50	5,99	52,95	338,45	156,88
P34	54,73	6,41	5,22	32,15	283,90	168,02

existem riscos potenciais à saúde humana. Na resolução CONAMA o valor de investigação de Ba em área agrícola é de 300mg kg<sup>-1</sup>, em área residencial 500mg kg<sup>-1</sup> e em área industrial de 750mg kg<sup>-1</sup>. Com exceção do ponto 16 na região serrana e dos pontos P33, P34, P28 e P30 na região oeste, os teores de Ba encontram-se em conformidade com a legislação, considerando que apresentaram valores inferiores ao valor de prevenção estabelecido pela Portaria nº 45/2021 – IMA/SC, de 19 de março de 2021.

A distribuição dos teores naturais de Ba é apresentada na Figura 1, onde compreende-se que os teores máximos e mínimos são verificados de forma distribuída ao longo de toda a região, ou seja, não se rege pelos diferentes microclimas propiciados pela heterogeneidade de altitude e cobertura do solo existentes nos locais considerados pelo estudo.

É possível observar que os teores naturais de Ba dos solos da região oeste são maiores do que os da região serrana de Santa Catarina. Sendo a média de concentração de 78,19mg kg<sup>-1</sup> para a região serrana e 102,95mg kg<sup>-1</sup> na região oeste. Os teores de Ba observados nos pontos de coleta podem ser explicados pela prevalência do material de origem basalto, o qual apresenta naturalmente elevados valores de metais, como Ba (Muller, 2020).

Ainda, solos com valores altos de pH (alcalinos) e saturação por bases (> 50%) caracterizam a condição química típica de solos jovens, como o Neossolo e Cambissolo (Rizzardo, 2020), nos quais observou-se maior teor de Ba em razão a baixa lixiviação (Souza, 2015). Condição oposta é visualizada em solos mais intemperizados, isto é, o baixo acúmulo de Ba decorre da não incorporação na estrutura dos minerais típicos de solos intemperizados sem causar desbalanço de cargas, como, por exemplo, gibbsita, goetita, caulinita e hematita (Rizzardo, 2020).

Os valores de Ba observados em classes de solos diferentes podem ser explicados pela possibilidade de solos

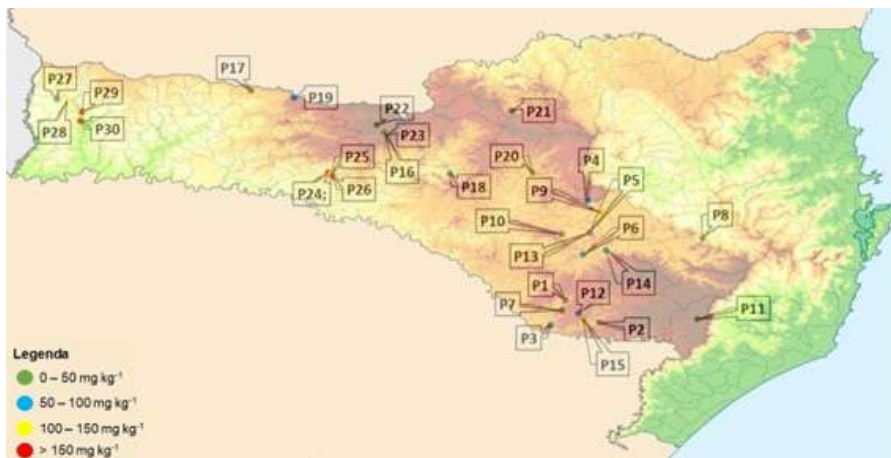


Figura 1. Teores naturais de bário nos pontos amostrados no estado de Santa Catarina, Brasil

Figure 1. Natural Barium Levels at Sampled Points in the Santa Catarina State, Brazil

de classes pedológicas diferentes pertencerem ao mesmo grupo, ou seja, apresentarem atributos químicos e físicos em comum, logo, os teores de metais variam em razão as variações nesses atributos (Paye; Mello; Mello, 2012). De forma similar Biondi (2010) e Araújo (2014), observaram maiores valores de Ba em solos jovens oriundos de basalto.

Em termos de poluição ambiental estudos recentes demonstram que os riscos de fitotoxicidade e contaminação de águas subterrâneas por Ba proveniente da barita são muito baixos, ressaltando-se ambientes extremamente redutores (Sobrinho *et al.*, 2019). De acordo com Magalhães *et al.* (2014), ambientes redutores condicionam a aumento nos teores de Ba em formas lábeis influenciando negativamente devido à maior biodisponibilidade do elemento. A solubilidade e a mobilidade do Ba são mais elevadas em solos arenosos, tendendo a manter uma relação inversamente proporcional com pH e matéria orgânica, elevando-o com a redução do pH e da quantidade de matéria orgânica. O Ba também é capaz de reagir com outros metais, óxidos e hidróxidos presentes no solo sendo adsorvido e tornando-se menos móvel ao longo do perfil (Merlino *et al.*, 2010).

Na Tabela 4 observa-se que o Ba rege uma correlação relativamente baixa com a maioria das variáveis analisadas, ou seja, a sua variação não res-

ponde de forma expressiva o aumento ou a diminuição das concentrações de Carbono Orgânico Total, pH em água e argila. Ressalta-se que a maior relação do Ba detectada com as variáveis pH em KCl e saturação por bases atingindo valores de 0,44 e 0,45, respectivamente, existindo também uma pequena relação negativa, -0,19, entre o Ba e o teor de carbono orgânico.

Tais resultados condizem com os obtidos pelo estudo elaborado por Melo, Silva e Alleoni (2014), onde os autores verificaram uma grande diferença de bário entre dois solos sendo de 32mg kg<sup>-1</sup> de solo no Latossolo Vermelho Distrófico e 3,5mg kg<sup>-1</sup> de solo no Neossolo Quartzarênico apesar dos demais atributos químicos e físicos analisados se

manterem semelhantes.

A influência da saturação por bases constatada nesse estudo também foi observada no estudo desenvolvido por Andrade *et al.* (2014), onde os autores analisaram o comportamento de elementos-traço em dois Latossolos, Latossolo Vermelho eutrófico e Latossolo Vermelho distrófico. As maiores concentrações de elementos-traço foram encontradas no Latossolo Vermelho eutrófico, o qual detinha a maior saturação por bases, 33,46mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, enquanto o Latossolo Vermelho distrófico obteve um valor de 25,54mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>

Quanto à relação entre o Ba e o pH do solo, ela ocorre devido à influência do pH sobre as propriedades dos argilominerais 1:1, dos oxí-hidróxidos de ferro e alumínio e dos componentes orgânicos, ambos fatores característicos dos solos da região serrana, levando em consideração que todos apresentam cargas dependentes do pH (Campos, 2010).

Um resultado discutível, com base nas bibliografias levantadas ao longo desse estudo, foi a relação negativa existente entre o Ba e o teor de carbono orgânico total, tendo em vista sua estrita relação com o teor de matéria orgânica no solo. Rebêlo *et al.* (2020) verificaram um acréscimo nas concentrações do bário juntamente com outros metais, Co, Fe, Mn, Si, Sr, Ti, V, Zn e Cu, em solos mais argilosos e com maior acúmulo de matéria orgânica.

Tabela 4. Correlação de Pearson entre as variáveis analisadas nos estudos dos solos do estado de Santa Catarina, Brasil

Table 4. Pearson correlation between the variables analyzed in soils of the state of Santa Catarina, Brazil

	Saturação por Bases	pH água	pH KCl	TOC	Argila	Ba
Sat bases	1,00					
pH água	0,86	1,00				
pH KCl	0,91	0,95	1,00			
TOC	-0,23	-0,31	-0,25	1,00		
Argila	-0,06	-0,08	-0,11	-0,71	1,00	
Ba	0,36	0,44	0,45	-0,19	-0,07	1,00

## Conclusão

As concentrações de Ba variaram entre os tipos de solos, com os maiores teores em solos basálticos da região oeste. A diversidade dos solos exige um entendimento detalhado para normas ambientais adequadas. O manejo adequado do solo é essencial para mitigar os efeitos adversos do Ba e conservar os ecossistemas locais.

## Agradecimentos

Ao Instituto do Meio Ambiente (IMA-SC), à Capes, Fapesc, Programa de Bolsas de Santa Catarina (Uniedu-SC) e Laboratório de Levantamento e Análise Ambiental (LLAA) da Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc).

## Referências

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY - ATSDR. 2010. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/cercla>. Acesso em: 01 set. 2023.

ANDRADE, M.G.; LIMA, A.S.T.; MELO, W.J.; SANTOS, E.J.; HERRMANN, A.B. Elementos-traço em dois latossolos após aplicações anuais de lodo de esgoto por treze anos. *Semina: Ciências Agrárias*, v.35, n.1, p.135, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p135>.

ARAÚJO, P.R.M. **Teores de referência e geoquímica de metais pesados em solos da bacia CABO – PE**. 2014. 103f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

BIONDI, C.M. **Teores naturais de metais pesados nos solos de referência do Estado de Pernambuco**. 2010. 70p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, 2010.

CAMPOS, M.C.C. Atributos dos solos e riscos de lixiviação de metais pesados em solos tropicais. *Ambiência*, Guarapuava, v. 6, n. 3, p. 547-565, 2010.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº**

**420 de 28 de dezembro de 2009**. Acesso em: 10 set. 2023.

JENNY, H. **Factors of soil formation: a system of quantitative pedology**. Courier Corporation, 1994.

LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos**. Oficina de textos, 2016.

MAGALHÃES, M.O.L.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; ZONTA, E.; BECERRA, A.T.; LASTRA-BRAVO, X.B.; COUTINHO, I.B. Reducing conditions on barium absorption in rice plants cultured in BaSO<sub>4</sub>-enriched soil. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.36, n.1, p.119, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v36i1.17539>.

MELO, L.C.A.; SILVA, E.B.; ALLEONI, L.R.F. Transfer of cadmium and barium from soil to crops grown in tropical soils. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.38, n.6, p.1939-1949, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832014000600028>.

MERLINO, L.C.S.; MELO, W.J.; MACEDO, F.G.; GUEDES, A.C.T.P.; RIBEIRO, M.H.; MELO, V.P.; MELO, G.M.P. Bário, cádmio, cromo e chumbo em plantas de milho e em latossolo após onze aplicações anuais de lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, n.6, p.2031-2039, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832010000600027>.

MULLER, S.F. **Levantamento pedológico detalhado de áreas no oeste de catarinense**. 2020. 105f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2020.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agrônômica Ceres 1981. 440p.

PAYE, H.S.; MELLO, J.W.V.; MELLO, S.B. Métodos de análise multivariada no estabelecimento de valores de referência de qualidade para elementos traço em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36, p. 1031-1041, 2012.

REBÊLO, A.G.M.; MONTEIRO, M.T.F.; FERREIRA, S.J.F.; RÍOS-VILLAMIZARA, E.A.; QUESADAB, C.A.N.; JUNIOR, S.D.

Valores de referência da concentração de metais pesados em solos na Amazônia Central. *Química Nova*, v.43, n.5, p.534-539, 2020.

RIZZARDO, J. **Teores pseudo totais de bário em solos com características contrastantes**. 2020. 76f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2020.

SANTA CATARINA. Instituto do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina. **Portaria nº 45, de 19 de março de 2021**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Florianópolis, SC.

SILVA JUNIOR, E.C; WADT, L.H.O.; SILVA, K.E.; LIMA, R.M.B; BATISTA, K.D.; GUECES, M.C; OLIVEIRA JUNIOR, R.C.; REIS, A.R.; LOPES, G.; BROADLEY, M.R.; YOUNG, S.D.; GUILHERME, L.R.G. Geochemistry of selenium, barium, and iodine in representative soils of the Brazilian Amazon rainforest. *Science of the Total Environment*, v.828, p.154426, 2022.

SOUZA, L.C. **Teores naturais de arsênio, bário, cádmio e níquel para solos do estado de Santa Catarina**. 2015. 147f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2015.

TEDESCO J.M.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEM, H.; VOLKWEISS, S.J. Análises de solos, plantas e outros materiais. 2 ed Porto Alegre: Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1995. 174p (Boletim Técnico, 5)

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Brasília, EMBRAPA, DF: 3 ed., 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Environmental health criteria 107**, Geneva. 1990.

# Capture of thrips in semi-hydroponic strawberry cultivation using Moericke traps with different tones of blue

Janaina Pereira dos Santos<sup>1</sup>, Juracy Caldeira Lins Junior<sup>2</sup>, Anderson Fernando Wamser<sup>3</sup> and Adriano Cavalleri<sup>4</sup>

**Abstract** – Traps configure a practical and economical method to capture and monitor thrips in strawberry cultivations. This study aimed to evaluate the thrips capture efficiency of Moericke traps with different tones of blue (light, intermediate, and dark). Thrips were collected from October 2022 to October 2023 in a conventional semi-hydroponic cultivation of San Andreas and Monterrey strawberry cultivars. The traps were randomly distributed and arranged at the same height as the cultivation bench, with four replicates per tone of blue. To count the thrips, 20mL water samples were collected weekly from the bottom of each basin. The data were subjected to analysis of variance using the F test and the means were compared by the Tukey's test ( $p \leq 0.05$ ). The light blue Moericke trap more effectively captured thrips in semi-hydroponic strawberry cultivation.

**Index terms:** *Fragaria x ananassa*; Thysanoptera; Integrated pest management.

## Captura de tripses em morangueiro semi-hidropônico utilizando armadilhas do tipo Moericke de diferentes tonalidades de azul

**Resumo** – O uso de armadilhas é um método prático e econômico para realizar a captura e o monitoramento de tripses em cultivos de morangueiro. Este estudo objetivou avaliar a eficiência de captura de tripses em armadilhas do tipo Moericke de diferentes tonalidades de azul (clara, intermediária e escura). As coletas dos tripses ocorreram de outubro de 2022 a outubro de 2023, em cultivo convencional semi-hidropônico de morangueiro dos cultivares San Andreas e Monterrey. As armadilhas foram distribuídas completamente ao acaso, dispostas na mesma altura da bancada de cultivo, com quatro repetições por tonalidade de azul. Para a contagem dos tripses, amostras de 20mL de água foram coletadas semanalmente do fundo de cada bacia. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). A armadilha Moericke de coloração azul-clara foi mais eficaz na captura de tripses em cultivo semi-hidropônico de morangueiro.

**Termos para indexação:** *Fragaria x ananassa*; Thysanoptera; Manejo integrado de pragas.

## Introduction

Brazil leads strawberry production in South America (Faostat, 2021). However, pest attacks remain still one of the main obstacles to strawberry cultivation in the country (*Fragaria x ananassa* Duch.), as they often cause economic damage, requiring integrated control measures (Michereff Filho *et al.*, 2020).

Thrips damage stems from nymphs and adults, which feed on the flowers, resulting in brownish stains and necrotic spots on the stamens and floral receptacle at the feeding site.

This damage leads to flower withering and abortion, reducing productivity (Liburd and Arévalo, 2005; Nondillo *et al.*, 2010). Fruits show tanning in their achene region (Nondillo *et al.*, 2010), reducing strawberries production and quality and increasing post-harvest perishability (Santos *et al.*, 2023).

The most efficient way to avoid damage to strawberry crops refers to detecting pest populations at the beginning of infestations, which enables implementing the appropriate integrated management (Michereff Filho *et al.*, 2020). Traps configure one the most practical and cheapest

methods for capturing and monitoring insects (Dearden *et al.*, 2023), especially those that are attracted by color, such as thrips, which can be monitored with blue colored traps (Cruz-Esteban *et al.*, 2020; Cruz-Esteban, 2023; Dearden *et al.*, 2023; Santos *et al.*, 2023).

Moericke traps type are very efficient in capturing thrips. In this method the insects are attracted by the trap's color. After falling into it, insects are trapped and die in the aqueous medium within the trap (Santos *et al.*, 2023). As the color of the trap influences its attractiveness to thrips, the optimal tone or even the contrast between two

Received on 12/03/2024. Accepted for publication on 10/06/2024.

Section editor: Joatan M. da Rosa

<sup>1</sup> Agronomist, Dr., Epagri/Çaçador Experimental Station (EECD), PObox 591, 89501-032, Çaçador, SC, phone: (49) 3561 6813, e-mail: janapereira@epagri.sc.gov.br.

<sup>2</sup> Agronomist, Dr., Epagri/Çaçador Experimental Station (EECD), phone: (49) 3561 6814, e-mail: juracyjunior@epagri.sc.gov.br.

<sup>3</sup> Agronomist, Dr., Epagri/Çaçador Experimental Station (EECD), phone: (49) 3561 6828, e-mail: afwamser@epagri.sc.gov.br.

<sup>4</sup> Biologist, Dr., Federal University of Rio Grande/Campus Carreiros, phone: (53) 3233 6670, e-mail: adrianocavalleri@furg.br.

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i2.1832>

colors increase capture rates (Dearden *et al.*, 2023). In strawberry cultivation, it has been proven that blue Moericke traps more efficiently capture thrips than yellow and white ones (Santos *et al.*, 2023). However, in the literature has no information on whether the tone of blue can influence the capture of these insect pests. Thus, this study aimed to evaluate the capture efficiency of Moericke traps depending on three tones of blue (light, intermediate and dark) in a semi-hydroponic strawberry cultivation in Caçador, Santa Catarina, Brazil.

## Material and methods

The study was conducted in a greenhouse, located at 26°49'03.1"S and 50°59'24.9"W, in a conventional semi-hydroponic cultivation of San Andreas and Monterrey strawberry cultivars. Because the San Andreas cultivar reached the end of its productive cycle, it was replaced by the Monterrey cultivar. The evaluations for San Andreas were carried out from 10/13/2022 to 04/20/2023 and for Monterrey, from 04/28 to 10/26/2023. Thrips were collected every seven days, totaling 55 sampling occasions.

The experiment consisted of eight 6m long benches spaced 90cm apart. Each bench had two rows of slabs with a 30cm spacing between them. Planting density totaled 94,815 plants per hectare.

The slabs were filled with 50L of a substrate composed of Sphagnum peat, roasted rice husks, expanded perlite, and vermiculite. A hydraulic system was used in the fertigation that consisted of a deposit for the nutrient solution, non-draining and self-compensating drippers with a nominal flow rate of 8Lh<sup>-1</sup>, a manifold distributor with four outlets, four 4x6mm microtubes; and one dripper stake per plant.

The thrips were captured in basins with a 2.5L capacity that had come internally and externally colored from the factory, in light (RGB code: 0, 133, 168) (trap model a), intermediate (RGB code: 32, 93, 145) (trap model b) and dark blue (RGB code: 58, 71, 124) (trap model c). Round basins (22cm diameter,

10cm height, 375cm<sup>2</sup> area) were used in traps models a (Figure 1A) and c (Figure 1B). The trap model b (Figure 1C) was handmade, consisting of empty liquid laundry soap packaging (34cm diameter, 9cm height, 380cm<sup>2</sup> area) that was colored from the factory in the chosen tone and cut on its side to make an opening for water storage and insect capture.

The traps were randomly distributed (with four replications per tone) and placed on a support mounted at the same height as the cultivation bench (80cm from the ground). In each trap, 2L of water, mixed with 5mL of neutral detergent, were added to break the surface tension of the water, thus avoiding the exit of captured insects. With a pipette, 20mL samples of water containing the insects were collected from the bottom of each trap every seven days. The water and detergent were replaced after sample collection. Additionally, every 14 days, the traps were washed and randomly repositioned within the cultivation area.

The thrips were counted with a stereomicroscope (6.4× magnification). The specimens were mounted on microscope slides using Canada balsam (Mound and Kibby, 1998), and identified by the appropriate dichotomous keys (Mound and Marullo, 1996; Cavalleri and

Mound, 2012). Part of the specimens was deposited at the entomological collection of the Federal University of Rio Grande, in Rio Grande (Rio Grande do Sul) and the other part, at the Epagri Entomological Museum, at the Caçador Experimental Station (EECD) in Caçador (Santa Catarina).

The experiment was analyzed as a factorial completely randomized design, with factor A = trap color and factor B = sampling time. Statistical analyses were performed on the "R" environment (R Core Team, 2021), considering a 5% level of significance. The data were subjected to analysis of variance using the F test and the means were compared using the Tukey's test ( $p \leq 0.05$ ).

Pests were monitored weekly and control was implemented during population peaks using the following pesticides: Abamex<sup>®</sup> (Abamectin) for spider mites; Boveril<sup>®</sup> (*Beauveria bassiana*) for whiteflies and spider mites; Delegate<sup>®</sup> (Spinetoram) for thrips and drosophilids and Actara<sup>®</sup> (Thiamethoxam) for aphids (Figure 2).

## Results and discussion

*Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) was the predominant species of thrips in semi-



Figure 1. Moericke traps of different tones of blue to capture thrips in a semi-hydroponic strawberry cultivation: (A) light blue (RGB code: 0, 133, 168); (B) intermediate blue (RGB code: 32, 93, 145) and (C) dark blue (RGB code: 58, 71, 124)

Photos: André Amarildo Sezerino.

Figura 1. Armadilhas Moericke de diferentes tonalidades de azul utilizadas para a captura de tripes em cultivo semihidropônico de morangueiro: (A) azul-clara (código RGB: 0, 133, 168); (B) azul-intermediária (código RGB: 32, 93, 145) e (C) azul-escura (código RGB: 58, 71, 124)

Fotos: André Amarildo Sezerino.

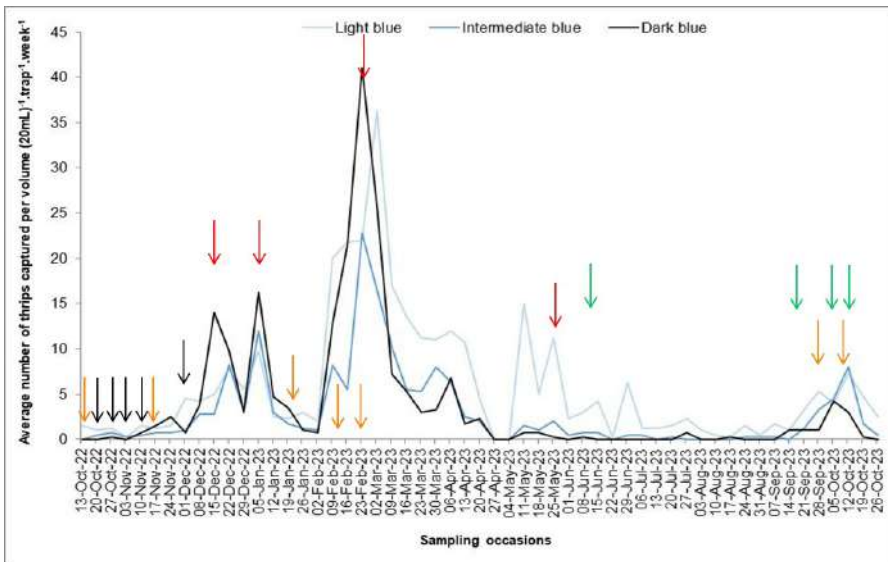


Figure 2. Average number of thrips captured per sampled volume (20mL)<sup>-1</sup>.trap<sup>-1</sup>.week<sup>-1</sup> in a semi-hydroponic strawberry cultivation. Arrows indicate the application of insecticides for pest control, in which: red refers to spinetoram; orange to abamectin; green to thiamethoxam and black to Beauveria bassiana in Caçador, SC – October 13, 2020 to October 26, 2021

Figura 2. Número médio de tripes capturados por volume amostrado (20mL)<sup>-1</sup>.armadilha<sup>-1</sup>.semana<sup>-1</sup>, em cultivo semi-hidropônico de morangueiro. As setas indicam a aplicação de inseticidas para o controle de pragas, onde: laranja (abamectina); preta (Beauveria bassiana); vermelha (espinetoram) e verde (tiametoxam) em Caçador, SC – 13 de outubro de 2020 a 26 de outubro de 2021

hydroponic San Andreas and Monterrey strawberry cultivation, representing 78.6% of the collected specimens. This result corroborates the findings in the literature, which indicate this species as the most frequent and abundant in strawberry cultivations in southern Brazil (Nondillo *et al.*, 2010; Pinent *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2023). In this study collected six other Thripidae species: *Caliothrips phaseoli* (Hood) (19.2%); *Frankliniella schultzei* (Trybom) (2.0%); *Heliethrips haemorrhoidalis* (Bouché) (0.07%); *Holopothrips* sp. (0.04%); *Holothrips* sp. (0.04%), and *Carathrips mediamericanus* (Hood) (0.04%). *Frankliniella occidentalis* and *C. phaseoli* are considered polyphagous, and occurred throughout the studied period. The former species is primarily phytophagous on flowers but it can also feed on fruits and leaves. *Caliothrips phaseoli* feeds exclusively on leaves, which can cause leaf tissues silverying and necrosis (Mound and Kibby, 1998). *Frankliniella schultzei* is considered the main thrips pest species in Caçador and in the tomato-producing region in Alto Vale do Rio do Peixe, in Santa

Catarina (Santos, 2016). In this research it collected it from November 2022 to March 2023, a period coinciding with the tomato cultivation adjacent to the greenhouse in which this experiment was conducted. The three tones of blue significantly differed regarding thrips capture. Light blue traps showed the most efficient capture rate, followed by dark blue ones. Intermediate blue traps captured thrips the least (Table 1). The average number of thrips captured per volume sampled<sup>-1</sup> trap<sup>-1</sup> week<sup>-1</sup> totaled 5.9, 3.7 and 2.9 for light, dark and intermediate blue traps, respectively (Table 1). For semi-hydroponic San

Table 1. Mean (±SE) thrips captured per Moericke traps-1.week-1 in a semi-hydroponic strawberry cultivation (n=55) in Caçador, SC - October 13, 2022 to October 26, 2023  
Tabela 1. Valor médio (±EP) de tripes capturados por armadilhas Moericke-1.semana-1 em cultivo semi-hidropônico de morangueiro (n=55) em Caçador, SC - 13 de outubro de 2022 a 26 de outubro de 2023

Blue tone of the trap	Number of thrips captured per sampled volume (20mL) <sup>-1</sup> .trap <sup>-1</sup> .week <sup>-1</sup>
Light	5.9 ± 0.43 a
Intermediate	2.9 ± 0.12 c
Dark	3.7 ± 0.11 b

Means followed by the same letter fail to differ from each other by the Tukey's test at 5% probability of error. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Andreas strawberry cultivation, Santos *et al.* (2023) found that blue Moericke traps more efficiently captured thrips than yellow and white ones. In Mexico, Cruz-Esteban (2023) studied sticky traps with different tones of yellow and blue to determine their *F. occidentalis* capture efficiency in blackberry cultivations. The authors found that bright blue traps (59% reflectance at 548nm) were the most efficient.

Thrips population fluctuation, determined by periodically sampling Moericke traps with different tones of blue, proved to be seasonal, varying throughout the year of this study (Figure 2). This research captured thrips consistently throughout its duration, with the first population peaks occurring in December 2022. The highest thrips population peak occurred in February, decreasing during the winter (Figure 2). These data corroborate a previous study in the same location, that found that thrips populations on strawberry cultivation decrease in July and increase in early spring due to rising daily temperatures (Santos *et al.*, 2023).

The use of colored traps aids the field monitoring of pests and thus control decision making. This method is based on the principle that the wavelengths some colored surfaces emit attract different insects species (Prokopy and Boller, 1971). Since photoreceptor responses act as sensory inputs that drive insect behavior (Cruz-Esteban *et al.*, 2020; Cruz-Esteban, 2023). Therefore, the results of this study indicate that using light blue Moericke traps enhances attractiveness, optimizes thrips capture rates, and improves pest monitoring in strawberry crops.



## Conclusions

Light blue Moericke traps show the greatest efficient in capturing thrips over time in semi-hydroponic strawberry cultivations, especially *F. occidentalis*, considered the main pest in strawberry crops in the Alto Vale do Rio do Peixe region in Santa Catarina.

## References

CAVALLERI, A.; MOUND, L.A. Toward the identification of *Frankliniella* species in Brazil (Thysanoptera, Thripidae). **Zootaxa**, Auckland, v.3270, p.1-30, 2012.

CRUZ-ESTEBAN, S.; ROJAS, J.C.; HERNÁNDEZ-LEDESMA, P. Trap colour and aggregation pheromone dose affect the catch of western flower thrips in blackberry crops. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v.144, n.9, p.755-763, 2020.

CRUZ-ESTEBAN, S. Colour shade and chemical influences on the capture of adults *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in blackberry crops. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, 2023. <https://doi.org/10.1111/jen.13213>

DEARDEN, A.E.; WOOD, M.J.; FREND, H.O.; BUTT, T.M.; ALLEN, W.L. Visual modelling can optimise the appearance and capture efficiency of sticky traps

used to manage insect pests. **Journal of Pest Science**, p.1-11, 2023.

FAOSTAT. **Crops and livestock products 2021**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 19 out. 2023.

LIBURD, O.E., ARÉVALO, H.A. **Integrated strategies for controlling flower thrips in Southern highbush blueberries**. Florida: Universidad of Florida IFAS Extension. 2005. Disponível em: <https://onlinelibrary-wiley.ez74.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/jen.12815>. Acesso em: 13 nov. 2023.

MICHEREFF FILHO, M.; SCHMIDT, F.G.V.; ZAWADNEAK, M.A.C.; SOUSA, N.C.M.; GUIMARÃES, J.A.; MOURA, A.P. **Guia para identificação de pragas do morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2020. 124p.

MOUND, L.A.; KIBBY G. **Thysanoptera: an identification guide**. 2.ed. Canberra: CSIRO Entomology, 1998, 70 p.

MOUND, L.A.; MARULLO, R. The thrips of Central and South America: an introduction (Insecta: Thysanoptera). **Memoirs on Entomology, International**, Gainesville, v.6, p.1-488, 1996.

NONDILLO, A.; REDAELLI, L. R.; PINENT, S.M.J.; BOTTON, M. Caracterização das injúrias causadas por *Frankliniella occidentalis* no morangueiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, p. 820-826,

2010.

PINENT, S.M.J.; NONDILLO, A.; BOTTON, M.; REDAELLI, L.R.; PINENT, C.E.C. Species of thrips (Insecta, Thysanoptera) in two strawberry production systems in Rio Grande do Sul State, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v.55, n.3, p.419-423, 2011.

PROKOPY, R.J.; BOLLER, E. Response of European cherry fruit flies to colored rectangles. **Journal Economic of Entomology**, Lanham, v.64, n.6, p.1444-1447, 1971.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 19 out. 2023.

SANTOS, J.P. Principais pragas e seu controle. *In*: BECKER, W.F. (coord). **Sistema de Produção integrada para o tomate tutorado em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2016. cap. 3.12, p.105-124.

SANTOS, J.P.; WAMSER, A.F.; VALMORBIDA, J.; LINS JUNIOR, J.C.; HARO, M.M. Population fluctuation of thrips in Moericke traps of different colors in semi-hydroponic strawberry cultivation. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.36, n.2, p.29-33, 2023. DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v36i2.1554>

# The challenge of reducing the fecal indicator bacteria load and preventing spawning during depuration of *Perna perna* mussels

Felipe Matarazzo Suplicy<sup>1</sup>, Robson Ventura de Souza<sup>2</sup>, Elisama Rosa<sup>3</sup>, Giustino Tribuzi<sup>4</sup> and Marília Miotto<sup>5</sup>

**Abstract** – *Perna perna* mussels commonly spawn during depuration under water temperatures above 18°C. A previous study conducted under experimental conditions (15L aquariums) has suggested reducing the temperature to decrease the odds of spawning. This study monitored the concentrations of *Escherichia coli* in mussels during three 48-hour and two 72-hour depuration cycles conducted in a small (600L) commercial depuration unit, under temperatures of 14°C and 17°C. The protocol prevented mussels from spawning, as this behavior was observed only in a few mussels in one out of the four depuration cycles. The reduction of fecal indicator bacteria loads, in turn, was unsatisfactory in all depuration cycles, with at least 67% of the samples from cycles 1, 3, 4, and 5 presenting *E. coli* concentrations above the end product testing limit (230MPN 100g<sup>-1</sup>) after 48 hours of depuration. Moreover, none of the sample cycles showed bacterial concentrations below that limit, even after 72 hours of depuration.

**Index terms:** Mollusks; Sanitary control; Post-harvest treatment.

## O desafio de reduzir a carga de bactérias indicadoras fecais e evitar a desova durante a depuração de mexilhões *Perna perna*

**Resumo** – Os mexilhões *Perna perna* comumente desovam durante a depuração em temperaturas acima de 18°C e um estudo em escala experimental (aquários de 15L) sugere reduzir a temperatura da água para diminuir as chances de desova. O presente estudo monitorou os níveis de *Escherichia coli* em mexilhões durante três ciclos de depuração de 48 horas e dois de 72 horas, realizados em uma pequena unidade de depuração comercial (600L), em temperaturas de 14°C e 17°C. O protocolo evitou a desova dos mexilhões, uma vez que este comportamento foi observado apenas em alguns mexilhões em um dos quatro ciclos de depuração. A redução das cargas de bactérias indicadoras fecais, por sua vez, foi insatisfatória em todos os ciclos de depuração, com pelo menos 67% das amostras dos ciclos 1, 3, 4 e 5 apresentando níveis de *E. coli* acima de 230MPN 100g<sup>-1</sup> (limite para comercialização para consumo humano) após 48 horas de depuração e nenhum ciclo com todas as amostras abaixo desse limite, mesmo após 72 horas de depuração.

**Termos para indexação:** Moluscos; Controle sanitário; Tratamento pós-colheita.

## Introduction

Filter-feeding bivalve mollusks accumulate microorganisms, including human pathogenic bacteria and viruses when grown in sewage-polluted waters, posing a health risk when consumed raw or lightly cooked (Lees, 2000; Butt *et al.* 2004). Depuration is a post-harvest treatment applied to reduce microbiological contaminants from commercially-harvested mollusks and

consists of placing mollusks harvested from moderately polluted waters in tanks with clean seawater for a period of time (commonly at least 42 hours). This allows mollusks to cleanse or purge themselves of microbiological contamination while continuing their normal filter-feeding and digestive processes (Rees *et al.*, 2010). This procedure can be applied to any species of mollusks traded worldwide, including mussels.

The South American rock mussel,

*Perna perna*, is an important aquaculture resource in several countries and Brazil largely contributes to the production volume of this species, with a production of 7,000 tonnes in 2022 (available at: [www.infoagro.sc.gov.br](http://www.infoagro.sc.gov.br)). Microbiological results from research studies (Souza *et al.*, 2022) and from the Santa Catarina state mollusk monitoring program (available at: [www.cidasc.sc.gov.br](http://www.cidasc.sc.gov.br)) indicate that mollusks from most farming areas should undergo a post-harvest treatment to reduce

Received on 03/03/2024. Accepted for publication on 03/06/2024.

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i2.1832>

Section editor: João Guzinski

<sup>1</sup> Biologist, Ph.D., Epagri/Center for Aquaculture and Fisheries Development (Cedap), P.O. Box 502, 88034-901 Florianópolis, SC, phone: (48) 3665-5060, email: [felipesuplicy@epagri.sc.gov.br](mailto:felipesuplicy@epagri.sc.gov.br)

<sup>2</sup> Veterinarian, Dr., Epagri/Center for Aquaculture and Fisheries Development (Cedap), P.O. Box 502, 88034-901 Florianópolis, SC, phone: (48) 3665-5060, email: [robsonsouza@epagri.sc.gov.br](mailto:robsonsouza@epagri.sc.gov.br)

<sup>3</sup> Food Scientist, Department of Food Science and Technology, Federal University of Santa Catarina, 88034-001, Florianópolis, SC, phone (48) 3721-5377, email: [eliisamarosa@hotmail.com](mailto:eliisamarosa@hotmail.com)

<sup>4</sup> Food Scientist, Dr., Department of Food Science and Technology, Federal University of Santa Catarina, 88034-001, Florianópolis, SC, phone (48) 3721-5395, email: [giustino.tribuzi@ufsc.br](mailto:giustino.tribuzi@ufsc.br)

<sup>5</sup> Pharmacist and Biochemist, Dr., Department of Food Science and Technology, Federal University of Santa Catarina, 88034-001, Florianópolis, SC, phone (48) 3721-5377, email: [marilia.miotto@ufsc.br](mailto:marilia.miotto@ufsc.br)

microbiological contamination and ensure that the mollusks are safe to consumers.

However, *P. perna* depuration is still incipient in Santa Catarina due to difficulties inherent to the depuration of this species and the weak law enforcement by sanitary authorities. Temperature variations and physical stress can trigger spawning in bivalve mollusks (Seed and Suchanek, 1992) and mussels such as *P. perna* are prone to undesirable spawning during depuration. Previous depuration studies at temperatures above 18°C resulted in widespread mussel spawning (Suplicy, 1999). A recent study (Suplicy *et al.*, 2024) evidenced the high frequency of spawning during *P. perna* depuration, in which 21 out of 22 depuration assays resulted in spawning. Spawning reduces depuration efficiency since gametes in the water column make the water turbid, which, in turn, reduces the efficiency of the UV disinfection systems (Lees *et al.*, 2010). Furthermore, spawning reduces the meat yield and increases the physiological stress of the animals, which can affect their pumping activity and impair the elimination of microbiological contaminants (Power and Collins, 1989).

Suplicy *et al.* (2024) showed that, at experimental scale (15L-aquariums), conditioning the depuration water to temperatures 5°C lower than those in the harvesting area reduces the spawning frequency by more than 50%, and this chance drops to 8.2% when the temperature difference reaches 10°C. However, the authors did not investigate the implications of temperature modulation during depuration in the reduction of microbial loads and recommended further studies to “*show how reducing water temperature during depuration influences its efficiency in terms of pathogen reduction.*” Following this recommendation, we investigated the impact of reducing the water temperature in the tanks on the efficiency of *P. perna* depuration in terms of reduction of *E. coli* (a species of bacterium that occurs in sewage-polluted waters and indicates the potential presence of pathogens in the mollusks), aiming to prevent the mussels from spawning. In the trials,

we used commercial scale depuration units to ensure that the experimental conditions matched those in industrial premises.

## Material and methods

### Experimental setup and sampling

The study monitored the concentrations of the bacteria *Escherichia coli* in mussels during three 48-hour and two 72-hour depuration cycles conducted from February to October 2023 in a small-scale depuration unit. The unit was composed of a 600L depuration tank and a recirculation system containing a water pump (1hp and water flux adjusted at 2.000L hour<sup>-1</sup>), a chiller (1hp), and an ultraviolet disinfectant (50WATTS lamp) (Fig. 1). The water temperature in the first four depuration cycles was maintained around 14°C, being increased to 17°C in the fifth experiment.

The mussels used in this study were obtained from a known sewage impacted aquaculture zone. The mussel density adopted was 90kg per batch, with animals accommodated in nine mesh trays containing 10kg of mussels each. Every 12 hours, water parameters were monitored and three groups with six mussels each were carefully collected from the upper trays, avoiding water disturbance that could resuspend feces or pseudofeces sedimented during depuration. The water parameters monitored included salinity and pH, obtained using a HI9829 multiparameter probe (Hanna, USA), and NH<sub>3</sub> concentration, using a photocolormeter (Alfakit, AT100P, Brazil). The water temperature was measured every hour using a temperature logger (HOBO Pendant MX Water Temperature Data Logger, Onset, USA) deployed inside the tank. By the end of each depuration cycle, after draining the water from the tank, three additional mussel samples were collected from the trays positioned close to the bottom of the tank.

The mussel samples were immediately packaged in plastic bags, placed in styrofoam boxes and transported to the laboratory for microbiological analysis within 5 hours.

Concentrations of *Escherichia coli* in mussel flesh were estimated using the Most Probable Number (MPN) technique (ISO 16649-3 2015). The Condition Index (CI) of 24 randomly selected mussels was estimated before and after each depuration cycle. For this, the mussels were hand-picked from the trays and dried for 24 hours in an oven at 60°C and the weight of their dry flesh was divided by their total dry weight.

### Data analysis

The *E. coli* and CI results did not meet the normality and homoscedasticity assumptions; thus, the analysis was performed using non-parametric methods. The CI of mussels used in the different depuration cycles was compared using the Kruskal-Wallis H test followed by the Dunn's test. The comparison of CI before and after depuration and the comparison of the final *E. coli* levels in samples collected from the upper and lower trays were both performed using the Mann-Whitney U test.

In total, two *E. coli* limits (230 and 700MPN 100g<sup>-1</sup>) were used as benchmarks in the data analyses since they are the legal limits established in the Codex Alimentarius (Fao and Who, 2008) for live or raw mollusks that says that the legal limits are that in five (5) 100g samples of the edible parts none may contain more than 700 *E. coli* and not more than one (1) of five (5) samples may contain between 230 and 700 *E. coli*, or equivalent as decided by the competent authority having jurisdiction.

## Results and discussion

Regarding water parameters, little variations on pH and salinity were recorded during the study. The maximum ammonia level was 0.35mg L<sup>-1</sup> (Table 1). The water temperatures adopted prevented mussels from spawning, as this behavior was observed in only a few mussels and only in cycle 3 out of the four monitored depuration cycles.

The mussel CIs were significantly



Figure 1. Small-scale deputation unit used in the study. The unit was composed of a 600L deputation tank and a recirculation system containing a water pump, a chiller, and an ultraviolet sterilizer

Figura 1. Unidade de depuração de pequena escala utilizada no estudo. A unidade era composta por um tanque de depuração de 600L e um sistema de recirculação contendo bomba d'água, chiller e esterilizador ultravioleta

Table 1. Physical-chemical parameters of the seawater during the different deputation cycles

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos da água do mar durante os diferentes ciclos de depuração

Depuration	Date	Temperature (°C)	pH	Salinity (ppt)	NH <sub>3</sub> (mg l <sup>-1</sup> )
1	02/13/2023	14.49 ± 0.44	7.05 ± 0.15	35	0.35 ± 0.02
2	04/03/2023	14.23 ± 0.38	7.08 ± 0.19	35	0.33 ± 0.11
3	05/16/2023	13.86 ± 0.32	7.29 ± 0.35	34	0.17 ± 0.02
4	05/23/2023	14.00 ± 0.26	7.54 ± 0.27	35	0.71 ± 0.06
5	08/02/2023	17.62 ± 1.00	7.44 ± 0.43	35	0.27 ± 0.03

different between the deputation cycles (KW chi-squared=91.0, p-value<2.2e<sup>-16</sup>), with the highest indexes recorded in cycle 2 and the lowest in cycle 5 (Fig. 2). Analysis of all data combined, as well as of data from each deputation cycle separately, revealed virtually no difference of CIs before and after deputation, indicating that the animals did not lose weight during the process (Fig. 3). The exception was deputation cycle 5, which was conducted with the highest water temperature and showed lower CI after deputation compared to the initial values (W=431, p-value=0.003).

The reduction of fecal indicator bacteria concentrations, in turn, was unsatisfactory in all deputation cycles (Fig. 4). After 48 hours, at least 66.6% (two out of three) of the samples from cycles 1, 3, 4, and 5 presented *E. coli* levels above 230MPN 100g<sup>-1</sup>. The cycle 2, which held the lowest initial *E. coli* levels, showed the best results after 48 hours; however, it still presented one sample recording an *E. coli* level higher than 700MPN 100g<sup>-1</sup>. Prolonging the deputation period to 72 hours in cycles 4 and 5 did not help reduce *E. coli* concentrations. By the end of the 72 hours cycle, one sample was still above 230MPN 100g<sup>-1</sup> in cycle 4 and all samples were above this limit in cycle 5. The final *E. coli* levels in mussel samples obtained from the upper or lower layers of trays did not differ significantly (W=15.5, p-value=1).

The efficiency of deputation is influenced by the system design and by different parameters and practices (e.g. shellfish load, water flux and physicochemical parameters, physical shocks) during the process (Souza *et al.*, 2021). The deputation system used in this study is similar to those used by the industry around the globe (Seafish, 2018) and its efficiency has been proven for oysters *Crassostrea gigas* in a study also conducted in Santa Catarina state (Bobermim, 2013). The employed deputation practices mostly corroborate the best recommendations, and the monitored parameters were within the limits recommended for mussels by the technical literature (Souza *et al.*, 2021; Seafish, 2018). The registered ammonium concentrations

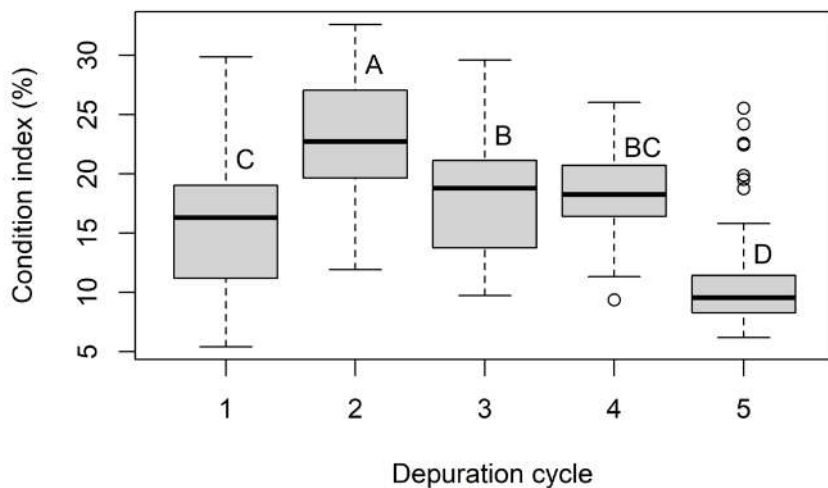


Figure 2. Condition index of mussels before the five depuration cycles monitored. The letters indicate homogeneous groups according to the Dunn's Test  
 Figura 2. Índice de condição dos mexilhões antes dos cinco ciclos de depuração monitorados. As letras indicam grupos homogêneos segundo o Teste de Dunn

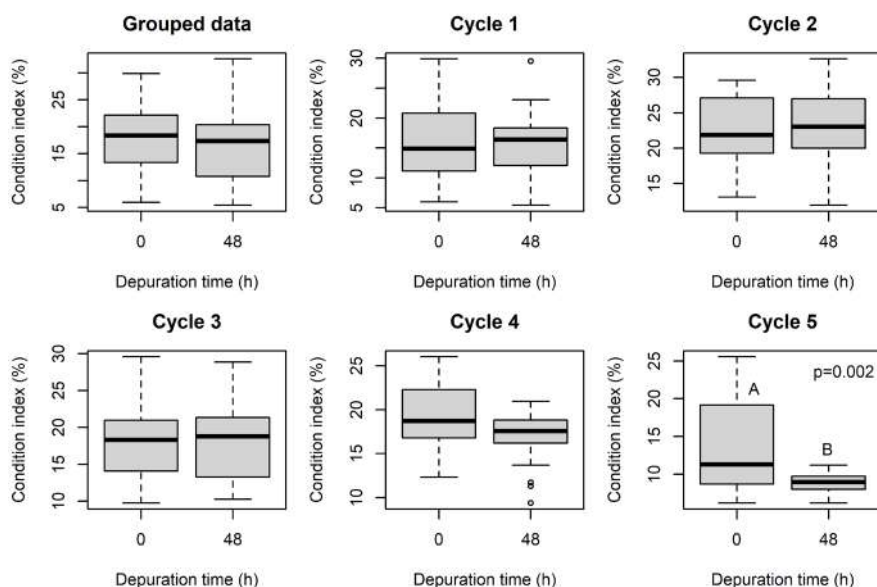


Figure 3. Condition index of mussels before and after 48 hours of depuration in different depuration cycles  
 Figura 3. Índice de condição dos mexilhões antes e após 48 horas de depuração, em diferentes ciclos de depuração

were all below the tolerance limit of  $15.5\text{mg/L}^{-1}$  (48h LC 50) for mussels of the genus *Perna* (Reddy e Menon, 1979). Therefore, considering that the depuration conditions were all ordinary and that previous studies employing similar conditions succeeded in reducing the microbial load during depuration of *P. perna* under temperatures above  $18^\circ\text{C}$  (Suplicy, 1999; Guimarães Filho *et al.*, 2022), the poor efficiency of the

process observed in the present study is probably related to the colder water used.

Water temperatures ranging from  $5^\circ\text{C}$  to  $15^\circ\text{C}$  are recommended to depurate two of the most produced species in the world, namely the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* and the blue mussel *Mytilus edulis*, to ensure adequate mollusk filtration and prevent spawning

(Lee *et al.*, 2008). This study shows that such temperatures are too low for *P. perna*, which can be expected since this species has different water temperature requirements to grow and reproduce from those of *M. galloprovincialis*. In a monitoring study in Plettenberg Bay, South Africa, Zardi *et al.* (2007) evaluated the reproductive behavior of these coexisting species and observed that *M. galloprovincialis* spawning events always occurred at temperatures ranging from  $16.4$  to  $19.5^\circ\text{C}$ , whereas *P. perna* spawned at the highest and lowest temperatures recorded in the 18 months of the survey ( $\sim 14.5^\circ\text{C}$  and  $\sim 24.2^\circ\text{C}$ , respectively).

Further than impairing an efficient reduction of microbial loads, the water temperatures used in this study might have affected the mussel's post depuration survival. This aspect was not specifically addressed by the study. However, the mussels used in the trials were returned to the marine farm after depuration and the farm manager reported large mortalities. Further studies are needed to check whether the observed mortality is related to the temperatures adopted during depuration or if it is common occurrence for mussels submitted to depuration in general.

Based on the results, we can state that reducing the fecal indicator bacteria load and preventing *P. perna* mussels from spawning during depuration remains a challenge. In Brazil, these mussels are traditionally sold and consumed cooked (Furlan *et al.*, 2007). However, to date, there is no specific protocol that ensures the effectiveness of heat treatment for minimizing the microbiological risks of *P. perna* mussels. Moreover, different studies provide evidence that the light cooking practices (steaming, searing) usually adopted by final consumers and restaurants do not necessarily provide the temperature/time combination required for the efficient inactivation of pathogens in bivalves (Souza *et al.*, 2022). We highlight that there is still a high demand for live mussels in local markets or specific niches, such as haute cuisine restaurants. Therefore, future studies could try different approaches to allow microbial load reduction without

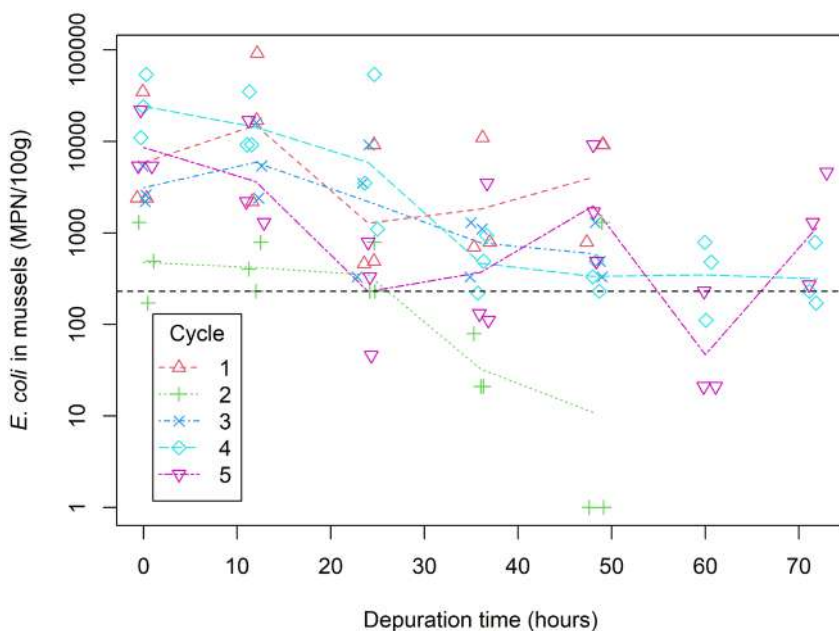


Figure 4. Evolution of *Escherichia coli* levels in mussels during the five deputation cycles monitored. Symbols indicate raw values and lines indicate the summary results in terms of geometric mean. The black horizontal dashed line indicates the legal limit of 230MPN 100g<sup>-1</sup>

Figura 4. Evolução dos níveis de *Escherichia coli* nos mexilhões durante os cinco ciclos de depuração monitorizados. Os símbolos indicam valores brutos e as linhas indicam os resultados resumidos em termos de média geométrica. A linha tracejada horizontal preta indica o limite legal de 230MPN 100g<sup>-1</sup>

mussel spawning during depuration. However, it is also urgent to validate a protocol that ensures the effectiveness of heat treatment for minimizing the microbiological risks of *P. perna* mussels produced in Brazil.

## Conclusion

This research confirms that maintaining water temperature from 14°C to 17°C is an effective strategy to prevent mussels from spawning during depuration on a commercial scale, as previously observed on an experimental scale.

Depuration is not capable of efficiently reducing the fecal bacteria load. Even with extended depuration periods of up to 72 hours, *E. coli* levels were not reduced to within internationally established legal limits (Fao and Who, 2008).

We recommend that future studies try different approaches to prevent *P. perna* spawning during depuration. Moreover, we also suggest validating

heat treatment protocols, as well as relocating mussels to approved areas to ensure the safety of *P. perna* mussels cultivated in Brazil.

## Acknowledgements

The authors would like to thank Messrs. Evandro Rodrigo Perin and João José Teixeira Filho for their assistance in conducting the experiments.

## References

BOBERMIM, D. **Avaliação de sistema compacto de depuração para ostras (*Crassostrea gigas*) contaminadas com *Escherichia coli***. 2013. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2013.

BUTT, A.A.; ALDRIDGE, K.E.; SANDERS, C.V. Infections related to the ingestion of seafood Part I: Viral and bacterial infections. *The Lancet. Infectious*

*Diseases*, London, n.4, p.201-212, 2004.

FAO E WHO, 2008. **Standard for live and raw bivalve mollusks - CODEX STAN 292-2008**. Adopted in 2008. Amendment: 2013. Revision: 2014, 2015.

FURLAN, E.; GALVÃO, J.; SALÁN, E.; YOKOYAMA, V.; OETTERER, M. Estabilidade físico-química e mercado do mexilhão (*Perna perna*) cultivado em Ubatuba - SP. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Rio de Janeiro, v.27, n.3, p.516-523, 2007.

GUIMARÃES FILHO, C.E.F.; CALIXTO, F.A.A.; KASNOWSKI, M.C; MESQUITA, E.F.M. Analysis of microbiological contaminants in mussel *Perna perna* (Linnaeus, 1758), before and after depuration, from mariculture of the lowland coast, Rio de Janeiro, Brazil. **Food Science and Technology**, São Paulo, n.42, 2022.

LEE, R.; LOVATELLI, A.; ABABOUC, L. **Bivalve depuration: fundamental and practice aspects**. FAO Fisheries Technical Paper, No. 511. Rome: FAO. 2008.137p.

LEES, D. Viruses and bivalve shellfish. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, n.59, p.81-116, 2000.

LEES, D; YOUNGER, A.; DORE, B. Depuration and relaying. In: REES, G.; POND, K.; KAY, D.; BARTRAM, J.; SANTO DOMINGO J. (Eds.). **Safe Management of Shellfish and Harvest Waters**. London: IWA Publishing / World Health Organization (WHO), 2010. p.145-181.

POWER, U.F.; COLLINS, J.K. Differential depuration of Poliovirus, *Escherichia coli*, and a coliphage by the common mussel, *Mytilus edulis*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, n. 55, p.1386-1390, 1989.

REES, G.; POND, K.; KAY, D.; BARTRAM, J.; DOMINGO, J.S. (Ed.). **Safe Management of Shellfish and Harvest Waters**. London: World Health Organization (WHO), 2010. 360p.

REDDY, N.A.; MENON, N.R. Effects of ammonia and ammonium on tolerance and byssogenesis in *Perna viridis*. **Marine Ecology Progress Series**,

- Oldendorf, n.1, p.315-321, 1979.
- SEAFISH. **Seafish standard design purification systems: Operating manual for the small scale shallow tank purification system.** Seafish Report (SR) No.: 721. Grimsby, Lincolnshire. 2018. 20p.
- SEED, R.; SUCHANEK, T. **Population and community ecology of *Mytilus*.** In: GOSLING, E., (Ed.) *The Mussel Mytilus: Ecology, Physiology, Genetics and Culture.* San Diego: Elsevier. 1992.
- SOUZA, R.V. de; Suplicy, F.M.; NOVAES, A.L.T. **Depuração de moluscos bivalves.** Florianópolis, SC, 2021. 70 p. (Epagri. Boletim Didático, 160).
- SOUZA, R.V. de; MORESCO, V.; MIOTTO, M.; SOUZA, D.S.M.; CAMPOS, C.; Suplicy, F.M. Depuration and heat treatment to reduce pathogen levels in bivalve molluscs produced in Santa Catarina State, Brazil. **Agropecuária Catarinense,** Florianópolis, v. 35, n. 2, p. 78-82, 2022.
- SUPLICY, F.M. **Depuração do mexilhão *Perna perna* (L. 1758).** In: Oceanos: Fonte de Alimentos. Prêmio Jovem Cientista 1997. Brasília: CNPq / Fundação Roberto Marinho / Grupo Gerdau. 1999.
- SUPLICY, F.M.; SOUZA, R.V. de; TRIBUZI, G. Water temperature modulation to prevent the South American rock mussel (*Perna perna*) from spawning during depuration. **Ocean and Coastal Research,** v.72, e24021, 2024. DOI: <http://doi.org/10.1590/2675-2824072.23032>
- ZARDI, G.I.; MCQUAID, C.D.; TESKE, P.R.; BARKER, N.P. Unexpected genetic structure of mussel populations in South Africa: Indigenous *Perna perna* and invasive *Mytilus galloprovincialis*. **Marine Ecology Progress Series,** n.337, p.135-144, 2007. DOI: <http://doi.org/10.3354/meps337135>.

# Flutuação populacional do cascudo-amarelo, *Geniates barbatus* Kirby (Coleoptera: Scarabaeidae), em pomar de goiabeira

Eduardo Rodrigues Hickel<sup>1</sup> e Marcelo Mendes de Haro<sup>2</sup>

**Resumo** – A flutuação populacional do cascudo-amarelo, *Geniates barbatus* Kirby (Coleoptera: Scarabaeidae), em pomares de goiabeira no Litoral Norte de Santa Catarina não é conhecida. Isto dificulta o planejamento do manejo integrado de pragas a ser implantado nos pomares da região. Desta forma, objetivou-se monitorar a incidência destes besouros na cultura da goiabeira, visando conhecer sua flutuação populacional e determinar as épocas de maior ocorrência na região. Armadilhas luminosas foram instaladas em pomar doméstico de goiabeira na Estação Experimental da Epagri em Itajaí, Santa Catarina, Brasil. Entre outubro de 2019 e fevereiro de 2024, as armadilhas foram ligadas diariamente das 16 às 9 horas, exceto de março a setembro/outubro de cada ano, quando permaneceram desligadas. A flutuação populacional de besouros *G. barbatus* caracterizou-se pelo rápido incremento inicial e posterior decaimento gradual de indivíduos em curto período de tempo. No litoral do Norte Catarinense, as maiores populações ocorrem no mês de novembro.

**Termos para indexação:** Ecologia; dinâmica populacional; manejo integrado de pragas; *Psidium guajava*.

## Population dynamics of yellow scarab beetle, *Geniates barbatus* Kirby (Coleoptera: Scarabaeidae), in guava orchard

**Abstract**– The yellow scarab beetle, *Geniates barbatus* Kirby (Coleoptera: Scarabaeidae), population dynamics in guava orchards on the North Coast of Santa Catarina State, Brazil, is still unknown. This makes difficult the regional planning of integrated pest management to be implemented in guava farms. The aim of this study was monitoring the yellow scarab beetle incidence in guava crop, in order to know its population dynamics and the periods of greatest occurrence in the region. Light traps, were set in domestic guava orchard at Epagri Experimental Station, in Itajaí, Santa Catarina, Brazil. Between October 2019 and February 2024, the light traps were turned on daily from 4pm to 9am, except from March to September/October of each year when they remained turned off. The population dynamics of *G. barbatus* beetles was characterized by a rapid initial increase and subsequent gradual decay of individuals in a short time. In the North Coast of Santa Catarina, the largest populations occur in November.

**Index terms:** Ecology; Insect population; Integrated Pest Management; *Psidium guajava*.

## Introdução

O cascudo-amarelo, *Geniates barbatus* Kirby (Coleoptera: Scarabaeidae), é uma praga ocasional em pomares de goiabeira no litoral catarinense, especialmente nos pequenos pomares domésticos. No estágio larval, o inseto se desenvolve no solo, consumindo raízes e palha de gramíneas, porém, no estágio adulto, se alimenta de folhas nas árvores, causando extensa desfolha das plantas (Rodrigues *et al.*, 2012; Fuhrmann, 2013; Cherman, 2014) (Figura 1). Afora o dano agrícola, o besouro também invade as residências no período noturno, em grande quantidade, causando desconforto e consternação aos moradores. Este fato resultou, inclusive, em notícias falsas (*fake news*) acerca da sua origem na cidade de Itajaí, as quais foram desmentidas pela imprensa local (Roberge, 2018).



Figura 1. a) Cascudo-amarelo se alimentando e b-c) goiabeiras com intensa desfolha, em Itajaí, Santa Catarina

Fotos: E.R.Hickel (b, c), autoria desconhecida (a)

Figure 1. a) Yellow scarab beetle feeding and b-c) guava trees high defoliated in Itajaí, Santa Catarina

Photos: E.R.Hickel (b, c), unknown author (a)

Recebido em 04/06/2024. Aceito para publicação em 09/07/2024.

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i2.1874>

Editor de seção: Juracy Caldeira Lins Junior

<sup>1</sup> 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

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Experimental de Itajaí, C.P. 277, 88301-970, Itajaí, SC, fone: (47) 3398-6321, e-mail: marceloharo@epagri.sc.gov.br



O adulto é um escaravelho amarelo em tonalidade ocre, lustroso, com cerca de 20mm de comprimento, pernas robustas e sem chifres na cabeça preta ou no protórax. Tem hábitos noturnos e, durante o dia, permanece enterrado em solos arenosos. A postura é feita livre, no solo, normalmente em áreas de pastagem ou com abundância de gramíneas. A larva é do tipo escarabeiforme (coró), com corpo arqueado em forma de "C", de cor branca, com pernas e cabeça castanhas. A pupa é livre de casulo e se forma no solo, numa câmara preparada pela larva (Fuhrmann, 2013). O ciclo de vida é anual e o período de baixas temperaturas é transpassado pelas larvas no solo, em seu lento desenvolvimento larval (Rodrigues *et al.*, 2012).

No Brasil, os registros da flutuação populacional de *Geniates* são escassos. No entanto, Rodrigues *et al.* (2012) apresentaram a ocorrência de besouros *Geniates borelli* Camerano por um período de 24 meses em Aquidauana, Mato Grosso do Sul, MS. O conhecimento dos momentos de ocorrência do cascudo-amarelo é importante para o planejamento de medidas de manejo integrado de pragas na propriedade rural (Kuno, 1991; Pedigo e Zeiss, 1996). O cascudo-amarelo apresenta intenso fototropismo positivo, o que viabiliza o emprego de armadilhas luminosas para os estudos de flutuação populacional. Assim, o objetivo desta pesquisa foi monitorar a incidência de *G. barbatus* em pomar de goiabeira, para conhecer a flutuação populacional e determinar as épocas de maior ocorrência no litoral norte catarinense.

## Material e métodos

O estudo foi conduzido da safra 2019/20 à safra 2023/24, na Estação Experimental da Epagri (EEI), em Itajaí, Santa Catarina, SC. Em todas as safras foi utilizado um pomar doméstico de goiabeira, com 15 plantas em idade produtiva, entremeadas por outras fruteiras nativas, em espaçamento 3 x 5m.

Armadilhas luminosas, modelo "Luiz de Queiroz" com luz negra de bulbo branco (T8 15W BL LE), foram

suspensas em ramos das plantas, na altura<sup>3</sup> de 1,7m do solo, sendo uma no pomar (26°56'06,8"S e 48°45'41,7"O) e outra a cerca de 330m de distância (26°57'13,6"S e 48°45'50,8"O), numa goiabeira avulsas. Esta segunda armadilha foi operacionalizada a partir da safra 2022/23 com o objetivo de sondar o controle da população local por coleta massal.

Diariamente, no período de outubro/novembro a fevereiro, as armadilhas foram ligadas das 16 às 9 horas, ficando inoperantes no restante do ano (março a setembro). Este período foi definido com base no conhecimento prévio da incidência de danos nas goiabeiras. Os insetos atraídos foram aprisionados em sacos plásticos de 20L, fixados no funil coletor da armadilha, de onde posteriormente efetuou-se a triagem e contagem dos besouros em laboratório. Com o registro das contagens foram confeccionados os gráficos de flutuação populacional, bem como estabelecidos os eventuais períodos de maior ocorrência no campo. As coletas cumulativas dos finais de semana e feriados foram repartidas proporcionalmente entre os dias do período. Para intervalos de três noites (final de semana), a partição obedeceu as porcentagens de 55, 30 e 15% do total acumulado, conforme a tendência de alta ou de baixa da sequência de coletas. Para intervalos de quatro noites, as porcentagens foram de 40, 30, 20 e 10% do total acumulado; para duas noites, 60 e 40%. Manteve-se assim a tendência de flutuação populacional na série temporal.

## Resultados e discussão

O período de maior ocorrência do cascudo-amarelo no litoral do Norte Catarinense se concentrou em três meses, de outubro a dezembro, com as sequências de coletas mais altas em novembro (Figura 2). Entre janeiro e fevereiro, uma pequena população residual ainda permaneceu no ambiente. Este curto período de ocorrência está de acordo com o ciclo univoltino da espécie e a provável baixa longevidade dos adultos (em torno de um mês). Na espécie *G. borelli*,

as fêmeas vivem em média 35,4 dias e os machos 28,5 dias (Rodrigues *et al.*, 2012).

A flutuação populacional do cascudo-amarelo em Itajaí denota que, na primavera, há um grande afluxo de indivíduos, mormente daqueles que vão saindo do solo após o período hibernal. No pomar de goiabeira, a maior coleta absoluta, numa única armadilha, totalizou 228 besouros, em 14 de novembro de 2020. No ponto a 330m de distância, a maior coleta foi de 358 indivíduos, em 21 de novembro de 2024. Em Aquidauana, MS, o cascudo *G. borelli* também ocorre na primavera (entre os meses de outubro e dezembro), com pequenas populações residuais até abril (Rodrigues *et al.*, 2012). Em Itajaí, o monitoramento foi conduzido até o mês de fevereiro, por isso não foram registrados eventuais remanescentes populacionais nos meses seguintes. *Cyclocephala forsteri* Endrodi, *Liogenys suturalis* Blanchard, *Leucothyreus dorsalis* Blanchard, *Phyllophaga capillata* (Blanchard) e *Phyllophaga cuyabana* (Moser) (todos Coleoptera, Scarabaeidae), são outros cascudos com ocorrência anual, que também surgem em outubro e perduram até dezembro (Santos *et al.*, 2007a; 2007b; Rodrigues; Puker; Tiago, 2010; Oliveira e Frizzas, 2017; Oliveira *et al.*, 2020).

Boa parte dos cascudos da família Scarabaeidae são univoltinos e, por esse motivo, apresentam períodos bem distintos de ocorrência de adultos e larvas, geralmente sem sobreposição de gerações (Morón, 2020). As espécies que transpassam o período adverso (seca ou frio) no estágio larval, normalmente têm apenas uma revoada primaveril de adultos. Já espécies que transpassam esses períodos como adultos podem ter duas revoadas anuais, sendo uma primaveril e outra no final do verão (Ronqui e Lopes, 2006; Alzugaray, 2007; Bernardi *et al.*, 2010; Smith *et al.*, 2015; Gonçalves, 2020).

As maiores populações do cascudo-amarelo em Itajaí ocorreram quando as goiabeiras e outros eventuais hospedeiros arbóreos (e.g. aroeira-vermelha *Schinus terebinthifolius* Raddi) já haviam lançado as brotações primaveris

<sup>3</sup> Altura entre o nível do solo e a abertura do funil coletor da armadilha luminosa.

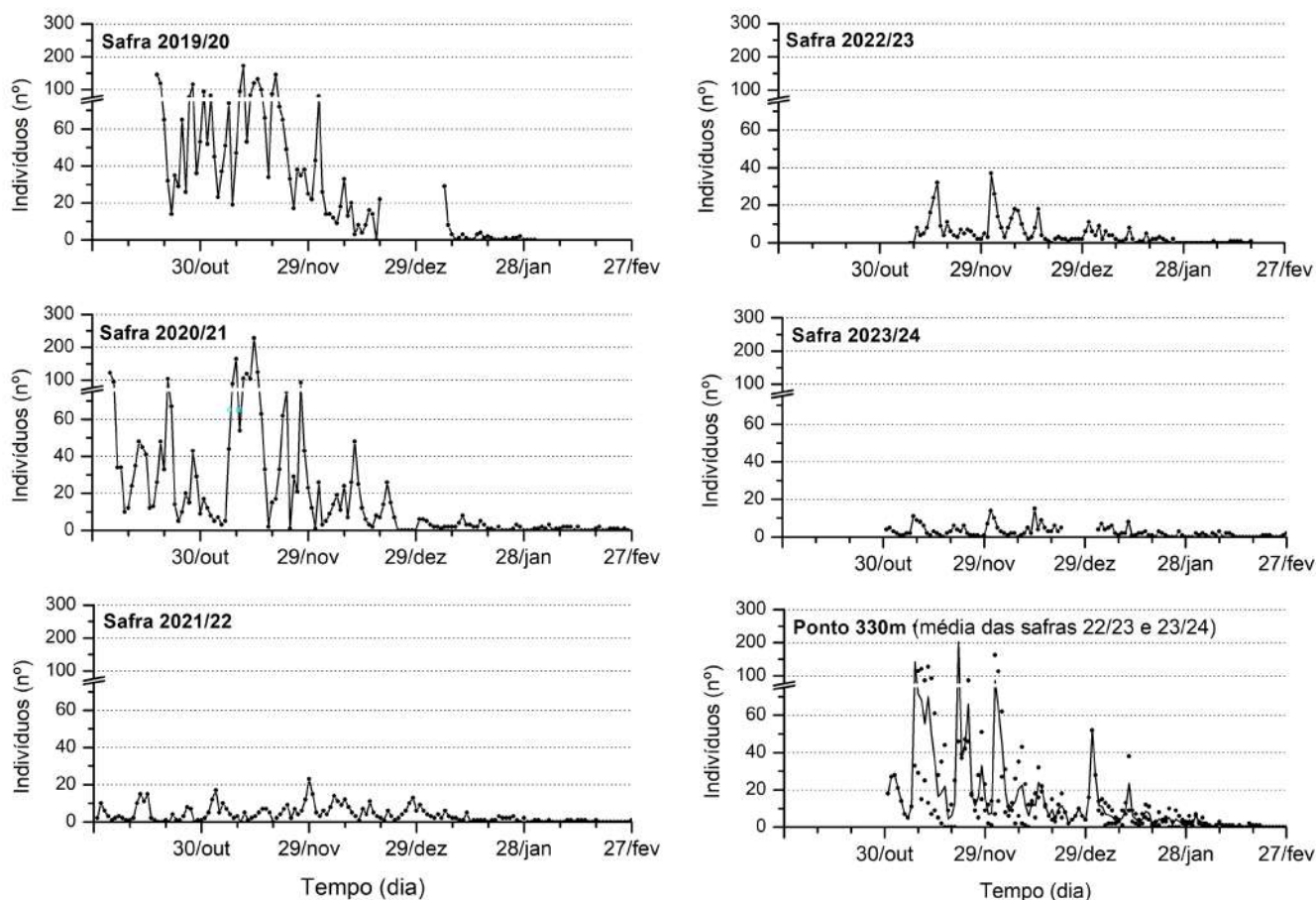


Figura 2. Flutuação populacional de besouros *Geniates barbatus* em Itajaí, SC, nas safras de 2019/20 a 2023/24

Figure 2. Population dynamics of *Geniates barbatus* beetles in Itajaí, SC, 2019/20 to 2023/24 seasons

e estavam repletas de folhas novas e tenras, propícias à alimentação desses besouros. Isto explica as intensas perfurações de folhas de goiabeira verificadas em novembro.

O cascudo-amarelo aparenta ser suscetível ao controle por coleta massal, principalmente em nível local. No pomar de goiabeira, após dois anos de intensas coletas, a população decaiu e se manteve ao nível aproximado de 15% desses anos anteriores (Figura 3). E isso não foi devido a uma redução natural da população, pois na armadilha a 330m do pomar, nas safras 2022/23 e 2023/24, as coletas foram intensas (Figura 2). Comportamento inverso foi encontrado nas populações de *Euphoria lurida* (F.) (Coleoptera: Scarabaeidae) em pomar abandonado de citros, que aumentaram na sequência dos anos monitorados. Neste caso, atribuiu-se o aumento populacional à maior oferta de alimento, pela maior quantidade de

frutos no chão (Garcia; Cunha; Veloso, 1993).

As populações de *G. barbatus* também aparentam ser bem localizadas junto aos hospedeiros, pois goiabeiras fora do raio de ação aproximado das armadilhas luminosas (50m de diâmetro) tiveram as folhas intensamente perfuradas. Esta observação é corroborada pelas baixas capturas do cascudo-amarelo em armadilhas luminosas instaladas em quadras de arroz irrigado da EEI. Disso conclui-se que as dispersões entre locais devem ser restritas, impedindo a reposição dos indivíduos eliminados pelo processo amostral.

A flutuação populacional de *G. barbatus* caracteriza-se pelo rápido acúmulo de indivíduos na população, com posterior decréscimo gradual de indivíduos ao final do período de ocorrência. Segundo Hickel *et al.* (2007), esta característica favorece o estabelecimento de níveis populacionais para a tomada de

decisão de controle, pois torna-se razoavelmente previsível o alcance destes níveis. Assim, para o cascudo-amarelo, seria possível estabelecer, em estudos futuros, os níveis de ação (nc) e de dano econômico (nde) para aprimorar o manejo integrado da praga nos pomares de goiabeira, especialmente a tomada de decisão pelo controle químico. Atualmente, este controle é feito sem bases técnicas e quando já ocorreu intenso dano nas folhas.

## Conclusões

A flutuação populacional do cascudo-amarelo caracteriza-se pelo incremento inicial rápido e posterior decaimento gradual de indivíduos num curto período de tempo.

No litoral do Norte Catarinense, as maiores populações de cascudo-amarelo ocorrem no mês de novembro.

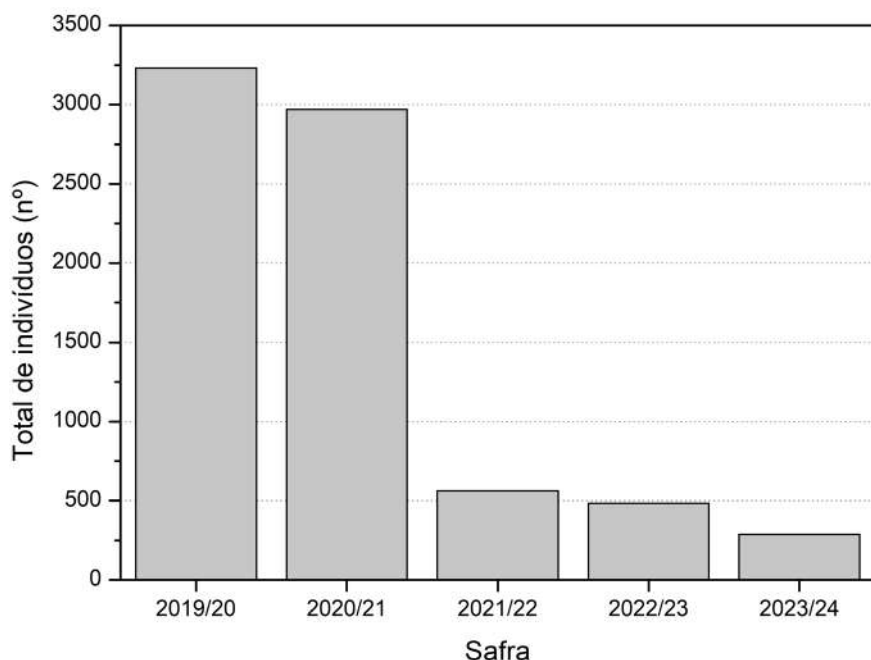


Figura 3. Número total de besouros *Geniates barbatus* coletados em pomar de goiabeira a cada safra monitorada em Itajaí, SC

Figure 3. Total number of *Geniates barbatus* beetles captured in a guava orchard during each season in Itajaí, SC

## Agradecimentos

Ao Dr. Fernando Z. Vaz-de-Mello – Departamento de Biologia e Zoologia (UFMT), pela identificação da espécie.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (Fapescc), pelo suporte financeiro ao Laboratório de Entomologia da E.E. de Itajaí.

## Referências

ALZUGARAY, R. Cascarudos negros: biología y comportamiento en Uruguay. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA SOBRE PRAGAS DE SOLO, 10., 2007, Dourados. **Anais e Ata[...] Dourados**, 2007. p.114-117.

BERNARDI, O.; GARCIA, M.S.; SILVA, E.J.E.; ZAZYCKI, L.C.F.; BERNARDI, D.; MIORELLI, D.; RAMIRO, G.A.; FINKE-NAUER, E. Coleópteros coletados com armadilhas luminosas e etanólicas em plantio de *Eucalyptus* spp. no sul do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v.20, n.4, p.579-588, 2010. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050982416>.

CHERMAN, M.A.; GUEDES, J.V.C.; MORÓN, M.A.; DAL PRA, E. Composición de la comunidad de larvas de Coleoptera Melolonthidae en cultivos de invierno en la región de planalto, Rio Grande do Sul, Brasil. In: ARAGÓN, G.A.; PÉREZ-DO-MÍNGUEZ, J. F. (Eds.). **Diversidad e importancia agrícola de coleópteros edafícolas**. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2014. p.37-49.

FUHRMANN, J. Description of the third larval instar and pupa of *Geniates barbatus* Kirby (Coleoptera, Scarabaeidae, Rutelinae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.57, n.1, p.40-46, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262013000100007>.

GARCIA, A.H.; CUNHA, M.G.C.; VELOSO, V.R.S. Flutuação populacional de *Euphoria lurida* (Fabricius, 1775) (Coleoptera – Scarabaeidae) em pomar cítrico. **Anais da Escola de Agronomia e Veterinária**, v.21, n.1, p.199-204, 1993. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/2642>. Acesso em: 18 mar. 2024.

GONÇALVES, M.P.G. Os escaravelhos e o tempo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.35, n.4, p.553-562, 2020. DOI:

DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786354034>.

HICKEL, E.R.; HICKEL, G.R.; VILELA, E.F.; SOUZA, O.F.F.; MIRAMONTES, O. Por que as populações flutuam erraticamente? Tantas e tão poucos... E suas implicações no manejo integrado de pragas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.6, n.2, p.149-161, 2007. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/download/5369/3574>. Acesso em: 18 mar. 2024.

KUNO, E. Sampling and analysis of insect populations. **Annual Review of Entomology**, v.36, p.285-304, 1991. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.36.010191.001441>.

MORÓN, M.A. Melolontídeos e cetoniídeos edafícolas. In: SALVADORI, J.R.; ÁVILA, C.J.; SILVA, M.T.B. (Eds.) **Pragas de solo no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2020. p.131-166.

OLIVEIRA, C.M.; FRIZZAS, M.R. How climate influences the biology and behaviour of *Phyllophaga capillata* (Coleoptera: Melolonthidae) in the Brazilian Cerrado. **Austral Entomology**, v.58, n.2, p.336-345, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/aen.12309>.

OLIVEIRA, L.J.; SANTOS, B.; PARRA, J.R.P.; HOFFMANN-CAMPO, C.B. Coróda-soja. In: SALVADORI, J.R.; ÁVILA, C.J.; SILVA, M.T.B. (Eds.) **Pragas de solo no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2020. p.131-166.

PEDIGO, L.P.; ZEISS, M.R. **Analyses in insect ecology and management**. Ames: Iowa State University, 1996. 168p.

ROBERGE, J.V. Informações sobre espécie de besouro que fugiu da Epagri são falsas - órgão lançou nota oficial nesta sexta-feira, 30. **O município**, 30/11/2018. Disponível em: <https://omunicipio.com.br/informacoes-sobre-especie-de-besouro-que-fugiu-da-epagri-sao-falsas/>. Acesso em: 18 mar. 2024.

RODRIGUES, S.R.; BARBOSA, C.L.; ABOT, A.R.; IDE, S. Occurrence of adults and biological aspects of *Geniates borelli* Camerano (Coleoptera, Scarabaei-

- dae, Rutelinae) in Aquidauana, MS, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.56, n.3, p.315–318, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262012005000035>.
- RODRIGUES, S.R.; PUKER, A.; TIAGO, E.F. Aspectos biológicos de *Leucothyreus dorsalis* Blanchard (Coleoptera, Scarabaeidae, Rutelinae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.54, n.3, p.431-435, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262010000300012>.
- RONQUI, D.C.; LOPES, J. Composição e diversidade de Scarabaeoidea (Coleoptera) atraídos por armadi-  
lha de luz em área rural no norte do Paraná, Brasil. **Iheringia, Série Zoológica**, v.96, n.1, p.103-108, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0073-47212006000100018>.
- SANTOS, V.; ÁVILA, C.J.; PORTELA, A.C.V.; RIBEIRO, J.F. Ocorrência e aspectos biológicos de *Cyclocephala forsteri* Endrodi, 1963 (Coleoptera: Scarabaeidae) no Estado de Mato Grosso do Sul. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA SOBRE PRAGAS DE SOLO, 10., 2007, Dourados. **Anais e Ata[...] Dourados, 2007a**. p.107-109.
- SANTOS, V.; ÁVILA, C.J.; SALVADOR, D.J.; RIBEIRO, J.F.; PORTELA, A.C.V. Aspectos biológicos e comportamentais de *Lio-genys suturalis* Blanchard 1851 (Coleoptera: Melolonthidae) em Mato Grosso do Sul. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA SOBRE PRAGAS DE SOLO, 10., 2007, Dourados. **Anais e Ata[...] Dourados, 2007b**. p.103-106.
- SMITH, T.P.; BUEUZELIN, J.M.; CATCHOT, A.L.; MURILLO, A.C.; KERNS, D.L. Biology, ecology, and management of the sugarcane beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) in sweet potato and corn. **Journal of Integrated Pest Management**, v.6, n.1, p.1-6, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1093/jipm/pmv012>.

**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](http://www.infoagro.sc.gov.br)**



**Pastagem exuberante na região de Lages**

Foto: Aires C. Mariga