

# Agropecuária Catarinense



ISSN 0103-0779 (impresa)  
ISSN 2525-6076 (on-line)  
DOI 10.52945/rac  
Vol. 35, nº 2, maio/ago. 2022



## As pastagens e a alimentação animal

SCS315 Catarina-gigante:  
missioneira-gigante

Tratamentos de moluscos  
para consumo humano

Métodos de manejo  
de doenças de plantas

## 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 Schimidt, Dra., EECN  
Fábio S. Higashikawa, Dr., EELT  
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. Kinzeleer, 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/EEL  
Márcia C. Varaschin, M.Sc., Epagri/DEMC  
Márcia 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., Cedap  
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. – UFLA – Lavras, MG  
Roberto Hauagge, Dr. – Iapar – Londrina, PR  
Sami Jorge Michereff, Dr. – UFCA – Crato, CE

## Lista dos editores de seção

Dr. Alexander de Andrade, Epagri/EEL  
Dr. André B. Soares, Epagri/UTFPR  
Dra. Cristiane de Lima Wesp, Epagri/EEV  
Dr. Douglas da Cruz Mattos, UENF  
Dra. Gláucia A. Padrão, Epagri/Cepa  
Dr. Gustavo Brunetto, UFSM  
Dr. Haroldo T. Elias, Epagri/Cepal  
Dr. João F. M. dos Passos, Epagri/EEL  
Dr. João Guzinski, Epagri/Cedap  
Dr. Joatan M. da Rosa, UFPR  
Dr. Juracy C. Lins Junior, Epagri/EECd  
Dr. Keny H. Mariguele, Epagri/EEL  
Dr. Leandro Hahn, Epagri/EECd  
Dr. Leonardo Araujo, Epagri/EESJ  
Dr. Luiz C. P. Martini, UFSC  
Dr. Marcio Sonego, Epagri/EEU  
Dra. Marina L. M. Daltoé, UTFPR  
Dr. Matheus Deniz, UTFPR  
Dra. Maria C. Canale, Epagri/Cepaf  
Dra. Marlise N. Ciotta, Epagri/EESJ  
Dr. Paulo A. de S. Gonçalves, Epagri/EEL  
Dr. Rafael R. Sabião, Epagri/Cepaf  
Dra. Renata S. Resende, Epagri/EEL  
Dr. Tiago C. Baldissera, Epagri/EEL  
Dr. Ubirajara M. da Costa, Udesc  
D.Sc. Vinicius Caliyari, Epagri/EEV

Secretário Interino da Agricultura, da Pesca  
e do Desenvolvimento Rural  
Ricardo Miotto Ternus

Presidente Interino da Epagri  
Giovani Canola Teixeira

### Diretores

Célio Haverroth  
Desenvolvimento Institucional

Jonas Pereira do Espírito Santo  
Administração e Finanças

Humberto Bicca Neto  
Extensão Rural e Pecuária

Vagner Miranda Portes  
Ciência, Tecnologia e Inovação



Empresa de Pesquisa Agropecuária  
e Extensão Rural de Santa Catarina

## Colaboraram como revisores técnico-científicos nesta edição

Afonso Inácio Orth  
Alberto Elvino Franke  
Alexandre Couto Rodrigues  
Alfredo Jose Barreto Luiz  
Aluana Gonçalves Abreu  
Álvaro José Back  
Ana Luiza Bachmann Schogor  
Andre Muniz Afonso  
Camila Pegoraro  
Cassiano Eduardo Pinto  
Cornélio Alberto Zolin  
Daniel Augusto Schurt  
Dauri José Tessmann  
Diego Hemkemeier Silva  
Douglas André Würz  
Éverton Blainski

Fabio Cervo Garagorry  
Fernando Luiz Ferreira de Quadros  
Flavia Lucena Zacchi  
Francisco Lagreze Squella  
Hamilton Justino Vieira  
Hewlley Maria Acioli Imbuzeiro  
João Batista Tolentino Junior  
Juracy Caldeira Lins Junior  
Leandro Bittencourt Oliveira  
Leosane Cristina Bosco  
Liliane Cerdótes  
Luciano Hamilton Ilha  
Luis Eduardo Correa Antunes  
Marcelo Couto  
Marcelo Ribeiro Romano  
Márcia Regina Faia

Maria Laura Guimaraes Rodrigues  
Mariana Rangel Pilotto  
Marília Miotto  
Marlise Nara Ciotta  
Miguel Dall'Agnol  
Miguelangelo Arboitte  
Mireli Trombin de Souza  
Paulo Antonio de Souza Gonçalves  
Paulo Henrique Caramori  
Robson Marcelo Di Piero  
Rodrigo de Almeida Mohedano  
Sebastião Brasil Campos Lustosa  
Veraldo Liesenberg  
Vivian Ebeling Viana

## Sumário

<b>Estação Experimental de Lages, 110 anos de contribuição à agropecuária catarinense .....</b>	<b>5</b>
Ulisses de Arruda Córdova, Vilmar Francisco Zardo e Cassiano Eduardo Pinto	
<b>Um manifesto do mar .....</b>	<b>8</b>
Felipe Matarazzo Suplicy	
<b>Consequências da seca no Oeste Catarinense para a cultura dos citros na safra 2020/21 .....</b>	<b>11</b>
Eduardo Cesar Brugnara, Rodolfo Vargas Castilhos e Rafael Roveri Sabião	
<b>Utilização de resíduos agroindustriais na alimentação de ruminantes.....</b>	<b>14</b>
Vanessa Ruiz Fávoro e Ângela Fonseca Rech	
<b>Partição de massa no consórcio de milho, <i>Brachiaria ruziziensis</i> e feijão guandu .....</b>	<b>17</b>
Matheus Lucas Schuck, Juliano Rossi Oliveira, Renata Fernanda Pasinato e Joana do Amaral Antoniak	
<b>Bebedouro para abelhas - Tecnologia de baixo custo que melhora a eficiência produtiva das colônias .....</b>	<b>21</b>
Tânia Patrícia Schafaschek & André Amarildo Sezerino	
<b>Evolução do consumo hídrico do morangueiro em cultivo com substrato .....</b>	<b>24</b>
Anderson Fernando Wamser & Janice Valmorbida	
<b>Análise fluidodinâmica computacional da eficiência de quebra-ventos artificiais em estufas tipo túnel.....</b>	<b>27</b>
Matias Resende da Costa & Júlio Cesar Leão	
<b>Infestação de moscas-das-frutas em hospedeiros nativos na região do Alto Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina..</b>	<b>31</b>
Janaína Pereira dos Santos, Alexandre Carlos Menezes-Netto, Simone Silmara Werner e Juracy Caldeira Lins Junior	
<b>Formulações de fosfitos para o controle de cancro europeu da macieira .....</b>	<b>37</b>
Leonardo Araujo, Felipe Augusto Moretti Ferreira Pinto, James Matheus Ossacz Laconski, Paulo Henrique da Silva Nogueira, Gustavo dos Santos Padilha e Paulo Eduardo Rocha Eberhardt	
<b>Hidrodinâmica de depuradora de média escala para moluscos bivalves com ensaios de distribuição do tempo de detenção hidráulica.....</b>	<b>44</b>
Luis Hamilton Pospissil Garbossa, Felipe Matarazzo Suplicy, Douglas Ismael Cadorin e Katt Regina Lapa	
<b>Tolerance of lowland rice (<i>Oryza sativa</i>) genotypes to heat stress at anthesis .....</b>	<b>50</b>
Natalia Maria de Souza, Luis Sangoi and Rubens Marschalek	
<b>Fusarium Head Blight and Deoxynivalenol: What is the relationship? .....</b>	<b>55</b>
João Américo Wordell Filho, Rafael Dal Bosco Ducatti and Cristiano Nunes Nesi	
<b>Necessidade de irrigação do maracujazeiro na região de Sombrio, Santa Catarina.....</b>	<b>62</b>
Henrique Belmonte Petry, Álvaro José Back, Márcio Sônego, Danieli Bariviera Zitterell e Diego Adílio da Silva	
<b>Mapeamento da soja por meio de imagens Landsat e Sentinel-2 nos municípios de Lages e Capão Alto em Santa Catarina .....</b>	<b>68</b>
Marina Marly Dalla Betta, Kleber Trabaquini, Haroldo Tavares Elias e Murilo Schramm da Silva	
<b>SCS315 Catarina-gigante: cultivar de gramínea perene de verão produtiva e adaptada às condições de Santa Catarina .....</b>	<b>74</b>
Ana Lúcia Hanisch, Edison Xavier de Almeida, Jefferson Araújo Flaresso e Murilo Dalla Costa	
<b>Depuration and heat treatment to reduce pathogen levels in bivalve molluscs produced in Santa Catarina State, Brazil.....</b>	<b>78</b>
Robson Ventura de Souza, Vanessa Moresco, Marília Miotto, Doris Sobral Marques Souza, Carlos Campos and Felipe Matarazzo Suplicy	
<b>Requerimentos agroclimáticos para a cultura do lúpulo .....</b>	<b>83</b>
Gabriel Berenhauer Leite e Cristina Pandolfo	

INDEXAÇÃO: Agrobases, CAB International, PKP Index, Agris-FAO, Diadorim, DOAJ, Latindex, Redib, Portal de Periódicos - Capes e Portal de Periódicos de Livre Acesso - CNEN

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.

**EDITORA-CHEFE:** Rosana Kokuszka

**EDITORES TÉCNICOS:** Lucia Morais Kinceler  
Luiz Augusto M. Peruch  
Márcia Cunha Varaschin  
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:** Aires C. Mariga

**DOCUMENTAÇÃO:** José Carlos Gelsleuster

**EXPEDIÇÃO:** DEMC/Epagri, C.P. 502, 88034-901 Florianópolis, SC, fone: (48) 3665-5357, 3665-5361, e-mail: demc@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 se destaca na produção de proteína animal. Embora ocupe apenas 1,13% do território nacional, o Estado ocupa posição relevante na produção e exportação das carnes de aves e suínos. No caso da produção de carne bovina e de leite, SC vem ganhando importância nos últimos anos. No que se refere a tecnologias para a produção animal, a Epagri desenvolve diferentes linhas de pesquisa: a sanidade animal, os sistemas produtivos, a genética animal e a alimentação à base de pastos são alguns exemplos. Pode-se dizer que os trabalhos de pesquisa e extensão da Empresa na área de pecuária têm como um dos pilares a produção animal à base de pastagens.

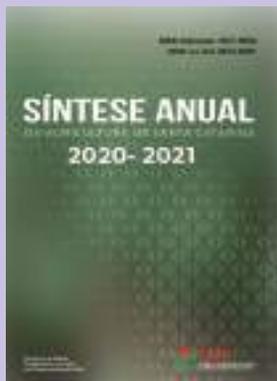
As pastagens e a alimentação animal são temas abordados nesta edição. A seção Opinião traz um relato histórico para comemorar os 110 anos da Estação Experimental de Lages, unidade de pesquisa com foco na criação animal. Criada em 1905, a unidade mudou de nome e de jurisdição ao longo do tempo, mas sempre manteve o foco na geração de conhecimento na área de criação animal. Na atualidade, a EEL continua firme no seu propósito de gerar pesquisas e novas tecnologias para o Planalto Catarinense.

Ainda temos outros trabalhos que enfocam a alimentação animal: as pastagens no contexto de sistemas integrados de lavoura e pecuária (ILP), o lançamento de um cultivar de missioneira-gigante e o uso de resíduos agroindustriais da indústria alimentícia, que podem servir para alimentação animal, desde que se conheçam suas características. No trabalho sobre ILP analisou-se a produção de massa forrageira de diferentes espécies em sistema consorciado, verificando-se que ocorreu produção similar em grãos de milho nos sistemas com *Brachiaria* e milho. O tema alimentação animal é concluído com o Germoplasma abordando o cultivar de missioneira-gigante SCS315 Catarina-gigante. Obtida de pastagem selecionada por duas décadas de pesquisas em Santa Catarina, a missioneira-gigante mostra-se bem adaptada às condições de clima Cfa e Cfb no Sul do Brasil. O cultivar ainda apresenta boa adaptação aos diferentes sistemas de manejo, inclusive os sistemas silvipastoris.

Outros assuntos abordados nesta edição são a sanidade de moluscos bivalves e o manejo de doenças de plantas. Líder em produção de moluscos no Brasil, SC também se destaca na produção e no consumo desses invertebrados. Considerados organismos filtradores, os moluscos têm que passar por processos de limpeza para garantir a segurança do consumidor. Dois outros trabalhos abordam aspectos relacionados aos tratamentos desses organismos com avaliação de um tanque de depuração e os tratamentos possíveis. Em relação ao manejo de doenças de plantas, merece destaque o uso de fosfitos no controle do cancro europeu da macieira e de práticas culturais associadas no controle da Giberela em trigo. Os trabalhos ressaltam a importância de estudos com formas diferentes de controle e seu impacto no desenvolvimento dessas doenças.

Confira esses e outros assuntos na RAC.

Revista Agropecuária Catarinense  
A ciência não pode parar!  
*Science cannot stop!*



### **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2020-2021 (Impresso/On-line) 190p.**

Nesta edição, a Síntese apresenta, de maneira sucinta, os comportamentos do valor da produção agropecuária (VPA) e das exportações do agronegócio estadual. A análise mostra que o VPA catarinense de 2021, de R\$55,8 bilhões, é o maior da história, superando em 36,4% o recorde anterior alcançado em 2020. As exportações também foram recordes em 2021. O valor alcançou US\$6,9 bilhões, ultrapassando em 21% o de 2020. Esse documento também disponibiliza dados, informações e conhecimentos sobre a utilização do crédito rural por agricultores e cooperativas e, principalmente, sobre o desempenho produtivo e mercadológico das principais cadeias produtivas dos setores agrícola, pecuário, florestal e aquícola de Santa Catarina. Essa publicação e todas as edições anteriores estão disponíveis no site <http://cepa.epagri.sc.gov.br>.



### **Balanço Social 2021 (Impresso/On-line) 40p. DOC 352**

A Epagri tem a missão de desenvolver tecnologias e atender as famílias rurais e pesqueiras de Santa Catarina, de modo que a produção de alimentos se oriente pelo enfoque de sustentabilidade ambiental, ou seja, pela conservação dos recursos naturais. Esse Balanço mostra o esforço da Empresa em atender 2.579 famílias catarinenses levando tecnologias para garantir água nas propriedades rurais e assim combater a grande seca ocorrida desde 2019 a 2021. Também se destacam as tecnologias para proteção das lavouras, o lançamento de cultivares de melhor qualidade e o aumento da produtividade da bovinocultura. Além disso, o BS mostra que a capacitação técnica fornecida pela Epagri criou oportunidades para jovens rurais assumirem o protagonismo, tanto no campo como na área pesqueira. De acordo com o documento, essas e outras tecnologias e ações permitiram à Epagri proporcionar um retorno para a sociedade de R\$9,31 para cada real investido na instituição.



### **Educação financeira para pesca artesanal (Impresso/On-line) 35p. BD 162**

Em Santa Catarina a pesca artesanal destaca-se como uma importante atividade econômica. A organização econômica da atividade pesqueira é essencial para a manutenção do trabalho de diversas famílias da região litorânea, estejam elas direta ou indiretamente envolvidas com atividade da captura do pescado. Esse Boletim Didático foi elaborado com o objetivo de desenvolver uma sequência didática de educação financeira para pescadores, com ênfase em controle de produção, custos da pescaria, mão de obra e depreciação dos equipamentos de pesca. O documento pretende contribuir com o conhecimento e a organização dos recursos financeiros para a pesca artesanal, visando a uma maior independência econômica para esse importante segmento da sociedade catarinense.



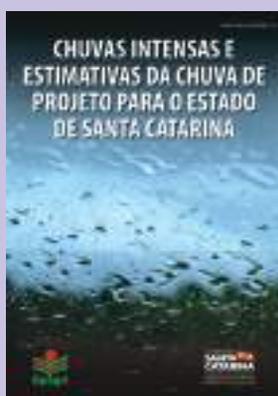
### Risco, incerteza e lucro de estabelecimentos agropecuários familiares do Sul do Brasil (Impresso/On-line) 52p. BT 204

A agricultura brasileira, que produz alimentos, fibras, combustíveis e matérias-primas, está submetida a riscos e incertezas de distintas naturezas, entre os quais se destacam: o preço de vendas da produção agrícola, de alto grau de imprevisibilidade; as condições climáticas, determinantes da produtividade das lavouras; e o preço dos insumos, variável dependente de oscilações cambiais e de preços de *commodities*, com influência direta nos custos de produção. Com isto em mente, o Boletim objetiva examinar as relações entre risco, incerteza e lucro de estabelecimentos agropecuários que produzem tabaco na Região Sul do Brasil. A pesquisa é um estudo quantitativo, exploratório e descritivo de amostragem intencional de 230 estabelecimentos rurais. Os dados dos estabelecimentos da amostra foram obtidos a partir de levantamento contábil e de consulta aos relatórios obtidos pelo programa Contagri© da Epagri.



### Sistema de cultivo da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em Santa Catarina (Impresso/On-line) 56p. SP 55

As macroalgas representam a maior produção dentro da aquicultura marinha mundial em 2018, atingindo 32,4 milhões de toneladas e rendendo US\$13,3 bilhões, sendo superada apenas pelo cultivo de peixes de água doce. O documento reúne os resultados de 11 anos de pesquisa com essa macroalga e objetiva apoiar o desenvolvimento dessa nova cadeia produtiva, que em 2020 obteve a autorização ambiental de cultivo comercial. A publicação apresenta dois sistemas de cultivo (o tradicional e o integrado, desenvolvido pela Epagri e pela UFSC) mostrando suas vantagens e desvantagens. Também fornece informações que permitem ao produtor avaliar o sistema que melhor se adapta ao seu empreendimento, considerando aspectos ambientais, técnicos e econômicos. No sistema integrado a macroalga é produzida em conjunto com o cultivo de moluscos, como espécie secundária.



### Chuvas intensas e estimativas da chuva de projeto para o estado de Santa Catarina (Impresso/On-line) 204p. Livro

As chuvas intensas são fenômenos meteorológicos cada vez mais frequentes, tanto nas áreas rurais como urbanas. Essa publicação apresenta uma atualização e ampliação da base de dados utilizada para a estimativa de chuvas intensas no território catarinense. O documento também relata um detalhamento teórico relacionado à distribuição de probabilidade de ocorrência de chuvas intensas e a apresentação de mapas de chuvas máximas diárias com diferentes períodos de retorno. O livro foi elaborado para atender, prioritariamente, profissionais das diferentes áreas das engenharias, servindo como referencial teórico e prático para análise e estimativa de intensidade, duração e frequência de chuvas intensas. Acompanha a publicação o programa HidroChuSC – versão 2.0, disponível em [https://docweb.epagri.sc.gov.br/pub/ProgramaHidroChuSC\\_2.0.zip](https://docweb.epagri.sc.gov.br/pub/ProgramaHidroChuSC_2.0.zip). Com esta publicação a Epagri presta sua colaboração à sociedade catarinense para o avanço e a difusão de conhecimento na área de hidrologia.

# Estação Experimental de Lages, 110 anos de contribuição à agropecuária catarinense

Ulisses de Arruda Córdova<sup>1</sup>, Vilmar Francisco Zardo<sup>2</sup> e Cassiano Eduardo Pinto<sup>3</sup>

A história da Estação Experimental de Lages inicia com o decreto de 24/03/1905, do Governo Estadual, sob a chefia de Vidal Ramos, quando tomou a iniciativa de criar um Campo de Demonstração em Lages, ao qual foi agregada uma Seção Zootécnica com o objetivo de desenvolver trabalhos de pesquisa e fomentar a agropecuária no Planalto Sul de Santa Catarina. Essa iniciativa alcançou bons resultados no setor agrícola, sendo introduzidas no município árvores frutíferas através da distribuição de mudas enraizadas de espécies europeias, procedentes da França, Alemanha, Argentina e Uruguai.

Na Seção Zootécnica, a Estação contava inicialmente com um touro e uma novilha Hereford puros e, mais tarde, em junho de 1905, acrescentou ao plan-

tel um Holstein (Holandês), adquirido na Argentina.

Em 1907, pelo Decreto nº 309, de 2 de janeiro, o Campo de Demonstração foi transferido com todo seu patrimônio ao município de Lages. Nesta fase, a unidade recebeu carneiros reprodutores da raça Lincoln. Também possuía um garanhão de raça Árabe que deixou grande produção no município.

O Campo de Demonstração foi incorporado ao Posto Zootécnico Federal em 1912.

## Posto Zootécnico Federal de Lages

Com a criação do Ministério da Agricultura no ano de 1860, foram

selecionadas áreas prioritárias para a implantação de estabelecimentos pioneiros, visando ao melhoramento pastoril e zootécnico dos rebanhos de animais sem raça definida, considerados de “baixo valor zootécnico”. No sul do Brasil, foram previstos e instalados três estabelecimentos deste gênero: em Bagé (RS), Ponta Grossa (PR) e Lages (Figura 1).

O Posto Zootécnico Federal de Lages (PZFL) foi criado pelo Decreto Lei nº 9.513, de 3 de abril de 1912, sendo nomeado seu primeiro diretor o Dr. Charles Vincent, zootecnista de nacionalidade belga. A finalidade básica do estabelecimento, único no Estado, era realizar pesquisas sobre aclimação de raças de bovinos, equinos, ovinos e suínos, que deveriam ser cruzadas com o “pro-



Figura 1. Residência do chefe do PZFL mantém todas as características de 1912. Foto: Ulisses de Arruda Córdova

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, M. Sc., Epagri/Estação Experimental de Lages, Rua João José Godinho, Bairro Morro do Posto, 88506-080, Lages, SC, e-mail: ulisses@epagri.sc.gov.br.

<sup>2</sup> Médico veterinário, M. Sc., Epagri/Estação Experimental de Lages, Lages, SC, e-mail: zardo@epagri.sc.gov.br;

<sup>3</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Estação Experimental de Lages, Lages, SC, e-mail: cassiano@epagri.sc.gov.br.

duto crioulo”. Para tanto, eram cedidos por prazos determinados aos criadores alguns reprodutores de raças selecionadas. Também foram orientados em relação à formação de pastagens, combate a moléstias que afetavam o gado, pragas de campo, entre outras atividades.

Além do patrimônio do Campo de Demonstração, o PZFL recebeu, por resolução de 19 de junho de 1912, da Superintendência Municipal, uma área de terras devolutas de até 1.200.000m<sup>2</sup> e adquiriu outros terrenos no distrito de São José do Cerrito, junto ao Rio Amola Faca, atual fazenda de propriedade da Epagri que tem o mesmo nome.

O exercício de 1914 foi o primeiro da vida efetiva do PZFL, visto que em 1913 o tempo foi consagrado à construção dos dois edifícios existentes até a atualidade e alguns melhoramentos, como construção de cercas e currais, além de outras atividades.

## Primeiros trabalhos

Um relatório do chefe do PZFL ao Ministério da Agricultura em 1914 registra a área total de 265,5ha, dividida em nove poteiros para criação e sete lavouras. Quanto ao melhoramento zootécnico, preconizava o cruzamento com raça Flamengo, que lhe parecia a mais indicada para cumprir o papel de raça “melhorada e substituidora do gado de Lages”. Com relação aos equinos, considerava os animais “crioulos” uma excelente base para produção do cavalo militar.

Em 1914 foram realizados os primeiros ensaios de aclimação e seleção de várias espécies forrageiras nacionais e exóticas, tendo para este fim estabelecido um “campo de experiências” visando ao estudo do valor agrônomo, além da seleção de capins nativos resistentes a geadas. Foram introduzidas espécies como azevém, capim-lanudo, *Dactylis* sp., *Bromus* sp., festuca ovina, festuca rubra, entre outras.

Eram produzidas e distribuídas sementes de forrageiras em pequenas quantidades, devido ao grande número

de pedidos. Nesta época os fazendeiros iniciaram o plantio de pastagens, especialmente de capim-lanudo. Em 1916 o PZFL já contava com uma área de 20ha de pastagens de inverno. Em 1917 o diretor relata que, além do serviço interno, foram recebidos mais de 1.000 pedidos de cobertura de fêmeas e requeridas oito estações de monta com 22 reprodutores em distintas localidades.

Quanto à sanidade animal, no relatório do ano de 1916, são citados inúmeros atendimentos a particulares. Também foram aplicadas 241 vacinas demonstrativas em seis fazendas situadas em locais diferentes e distribuídas 3.360 doses da vacina anticarbúnculo.

## O Posto Zootécnico no decorrer das décadas

Desde a criação do PZFL em 1912 até 1971, quando obteve a atual deno-

minação de Estação Experimental de Lages (EEL), a estrutura passou por várias denominações e esteve sob a jurisdição federal, estadual e municipal (Tabela 1). Também passou por diversas reformas e alterações na área ocupada, a qual foi reduzida em função da cessão para rodovias, ruas e diversas instituições importantes que funcionam atualmente próximas da EEL. A área do Campo de Demonstração mais tarde foi ocupada por vários bairros de Lages. Hoje as únicas edificações que permanecem com a mesma arquitetura, inclusive as mesmas cores, é a residência do chefe do PZFL e o portal de entrada da EEL.

## EEL na atualidade

A EEL ocupa parte da área do antigo PZFL no total 145,2ha no Bairro Morro do Posto, em comodato com a Embrapa. O nome do bairro é justamente uma

Tabela 1. Denominações e jurisdições que antecederam a Estação Experimental de Lages

DATA/ANO	DESIGNAÇÃO	JURISDIÇÃO
24/03/1905	Campo de Demonstração	Estadual
02/01/2007	Campo de Demonstração	Municipal
06/01/1912	Posto Zootécnico Federal	Federal <sup>1</sup>
03/04/2012	Posto Zootécnico Federal de Lages	Federal <sup>2</sup>
14/04/1931	Posto Zootécnico Federal de Lages	Estadual <sup>2</sup>
1934	Fazenda Experimental de Criação de Lages	Federal
20/10/1949	Posto Agropecuário de Lages	Estadual <sup>3</sup>
1965 a 1970	Fazenda Regional de Criação de Lages	Federal
1971 a 1974	Estação Experimental de Lages	Federal/Ipeas <sup>4</sup>
1975	Estação Experimental de Lages	Federal/Embrapa
29/10/1975	Estação Experimental de Lages	Estadual/Empasc
20/11/1991	Estação Experimental de Lages	Estadual/Epagri

1 – Incorporação do Campo de Demonstração; 2 – Criação do Posto Zootécnico Federal de Lages; 3 – De 1945 a 1964 esteve sob a jurisdição estadual; 4 – Instituto de Pesquisa Agropecuária do Sul.

referência ao início de suas atividades no século passado. Além desta área, administra uma área própria da Epagri de 288ha na localidade de Amola Faca no município de São José do Cerrito. Essas áreas onde são executados os projetos de pesquisa também servem para manutenção dos rebanhos bovinos e ovinos.

Além das edificações administrativas e de manejo dos rebanhos, a EEL possui os laboratórios de Nutrição Animal, Biotecnologia, Sanidade Animal, Homeopatia e Saúde Vegetal. Fazem parte da estrutura de pesquisa duas casas de vegetação, três casas de aclimatização, dois tambos leiteiros (bovino e ovino), um conjunto de estufas e uma Estação Meteorológica completa.

Atualmente a EEL possui 47 colaboradores, sendo 18 pesquisadores e 29 na área de apoio à pesquisa.

## Foco de atuação e áreas de pesquisa

O foco de pesquisa da EEL é a produção animal (Figura 2). Mas além disso a unidade desenvolve projetos de

avaliação, manejo e melhoramento de plantas forrageiras, manejo de pastagens naturais, bovinocultura e ovinocultura com foco na nutrição, reprodução e produção animal, biotecnologia, sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA), homeopatia e saúde vegetal. Nos últimos anos, novas áreas de pesquisa emergiram em consonância com a conservação ambiental. Projetos de mitigação de gases de efeito estufa e valoração de serviços ecossistêmicos passaram a ser incorporados ao trabalho. Anualmente são executados entre 35 e 40 projetos de pesquisa.

## Difusão de tecnologia e parcerias

A EEL participa de eventos durante o ano, tanto em apoio à extensão rural no Estado, quanto na promoção de eventos internos e externos, com o objetivo de difundir as tecnologias geradas e o conhecimento científico produzido. A média anual de publicações técnico-científicas é de 104, sendo diversas em periódicos internacionais.

A EEL possui parceria com as principais universidades do Sul do Brasil, incluindo a Embrapa (diversas unidades), a Fapesc, o CNPq, a Cidasc, além de outras instituições públicas e privadas.

## Principais tecnologias geradas

A EEL possui 40 tecnologias certificadas pela Epagri nas áreas de produção animal e pastagens ou em ramos da pesquisa que servem de apoio aos projetos, entre as quais pode-se citar oito cultivares de forrageiras registrados, validação da tecnologia de melhoramento de campo nativo e sal proteinado de inverno.

Durante décadas de existência, tanto a EEL quanto as instituições que a originaram têm sido uma referência em difusão de tecnologia, fomento e pesquisa agropecuária. E isso pode ser comprovado por bons indicadores técnicos atuais. Nossa missão é intensificar a contribuição para o desenvolvimento da agropecuária catarinense, como uma unidade de referência em seu foco de atuação no Sul do Brasil.

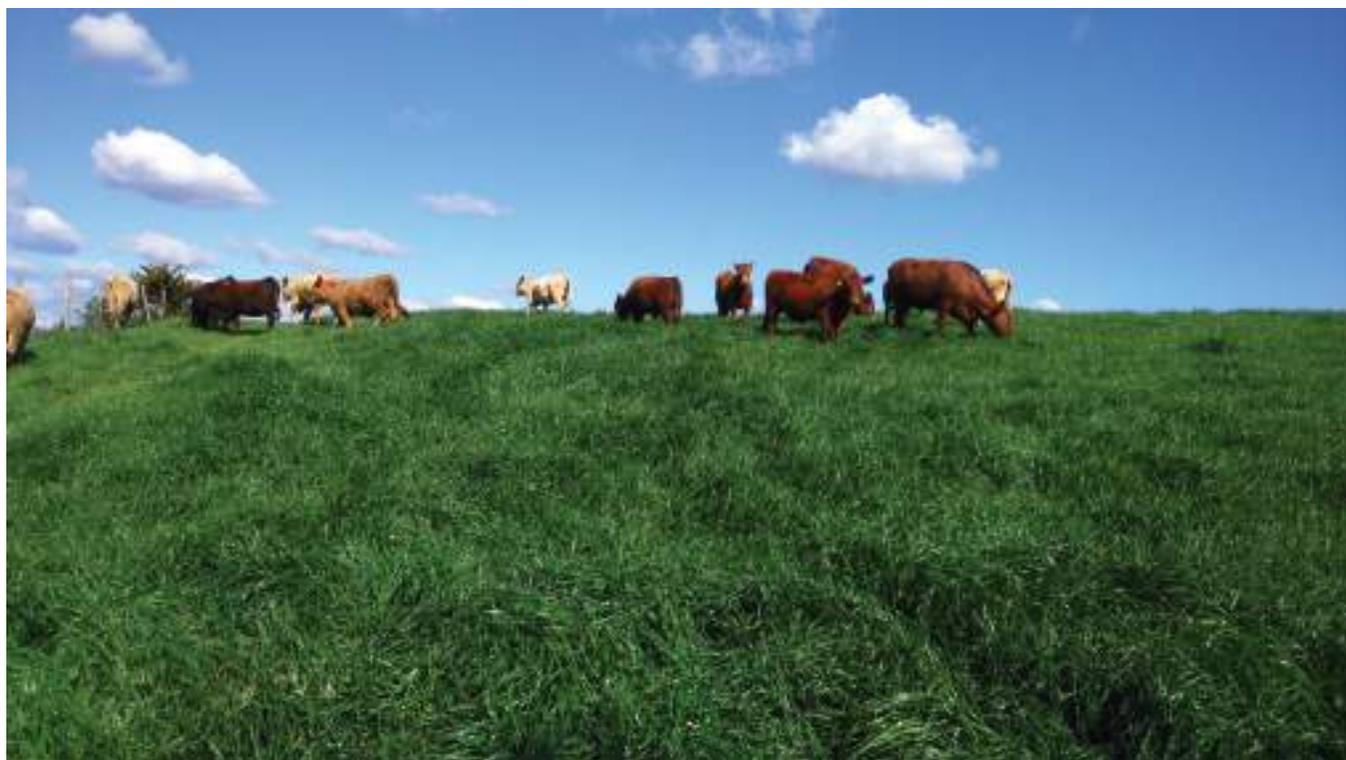


Figura 2. Produção animal, principal foco de pesquisa da EEL. Foto: Ulisses de Arruda Córdova

## Um manifesto do mar

Felipe Matarazzo Suplicy<sup>1</sup>

Existe uma crescente preocupação mundial com a saúde do oceano. Sim, o oceano! Porque, embora se adotem para fins hidrográficos limites e divisões entre os oceanos, a água marinha está conectada e interligada em um só grande oceano que cobre cerca de 71% do nosso planeta. O oceano vem sendo afetado há décadas por múltiplos estressores antropogênicos e os mais relevantes são o esgoto, os nutrientes, os poluentes orgânicos persistentes, os hidrocarbonetos, os metais-traço e o lixo (GESAMP, 2018). Somadas às crescentes emissões de gases causadores do efeito estufa, estas agressões ao oceano e à atmosfera têm provocado mudanças globais, como alterações climáticas e elevação da temperatura e da acidez do oceano, que podem pôr em risco a própria sobrevivência da humanidade neste planeta, à medida que os impactos continuam e seus efeitos se intensificam (HOEGH-GULDBERG, 2014).

Além dos graves e inexoráveis impactos globais, na escala local as atividades humanas causam impactos que podem afetar drasticamente o cotidiano das pessoas numa escala temporal bem mais rápida. Cidades costeiras como Florianópolis, por exemplo, têm grande parte de sua economia girando em torno do mar.

O setor de serviços é o principal gerador de emprego e renda em Florianópolis, com destaque para o setor de turismo com 6.750 apartamentos em hotéis e pousadas, ainda em 2011 (IBGE, 2011). Segundo o IBGE, 37,5% da receita do município é oriunda de fontes externas. O turismo representa 12,5% do PIB catarinense e a Grande Florianópolis é o destino de 22% dos turistas que vêm ao

Estado. De acordo com um levantamento da Federação do Comércio de Bens, Serviços e Turismo de Santa Catarina (Fecomércio) sobre a temporada de verão de 2022, em média cada grupo de turistas gastou R\$2.745 com hospedagem, seguido dos gastos com alimentação e bebidas (R\$1.875). Os gastos com transporte e os gastos com compras no comércio foram em média R\$283 e R\$524 respectivamente (FECOMÉRCIO, 2022). Os grupos de turistas, segundo o levantamento de 2022, foram compostos por famílias (61,5%), casais (20,1%), grupos de amigos (10,2%) e pessoas sozinhas (5,7%).

Estes dados evidenciam que o turismo é um setor fundamental para a economia local. Trata-se de uma atividade que gera empregos diretos e indiretos, além de demandar produtos e serviços de vários setores da economia, como fornecimento e distribuição de alimentos, além de serviços terceirizados, como segurança, limpeza, lavanderias, entre outros benefícios. A temporada de verão representa um dos mais importantes períodos de fluxo de vendas nas regiões litorâneas. Apesar da sazonalidade, a movimentação de empregos diretos e indiretos tem efeito multiplicador, pois gera riquezas para o destino turístico e seu valor agregado é bem maior que a soma inicialmente gasta pelos turistas. O turismo é algo muito presente no cotidiano da cidade e estima-se que na temporada de verão a população local duplica (CORRÊA & MÜLLER, 2016). Em 2020, os setores de alojamento e alimentação representaram 5% dos postos de trabalho da cidade, com um total de 14.781 empregos que somaram R\$ 28.672.181,00 em salários

(BRASIL, 2022). O dinheiro ganho pelos profissionais do setor de alojamento e alimentação, por sua vez, é gasto no comércio e em outros serviços locais, ampliando ainda mais a geração de emprego e renda que têm como base o mar.

Uma das referências turísticas e culturais de Florianópolis são as rotas gastronômicas que foram criadas pelas leis municipais n.º 7228/2006, n.º 7479/2007, n.º 7.863/2009, n.º 9021/2012, n.º 10362/2018 e n.º 18402/2022, que tinham como objetivo valorizar o potencial turístico da Ilha de Santa Catarina e agregar valor à produção de moluscos na região, promovendo a gastronomia local (CORRÊA & MÜLLER, 2016). Além disso, as rotas gastronômicas mostram a “alma açoriana” da Ilha, por meio da arquitetura luso-brasileira do século XVIII e promovem uma combinação da gastronomia local com os atrativos ambientais, históricos e culturais da região (ASSOCIAÇÃO FLORIPAMANHÃ, 2013; BOEING et al. 2011). Por conta desta parceria entre a maricultura e a gastronomia local, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) agraciou a capital catarinense com o título de “Cidade Criativa na área da gastronomia”. Florianópolis é a primeira cidade brasileira a integrar um seletor grupo de 69 cidades da Rede Mundial de Cidades Criativas da Unesco.

De fato, com uma produção de 16.200 toneladas de moluscos e 478 produtores em 2020 (INFOAGRO, 2022), Santa Catarina é referência nacional e internacional como maior produtor de moluscos do Brasil. A atividade está presente em 12 municípios costeiros, gerando cerca de 1.500 empregos di-

<sup>1</sup> Biólogo, Ph.D., Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Aquicultura e Pesca (Epagri/Cedap), Rod. Admar Gonzaga, 1188, Itacorubi, 88010-970, Florianópolis, SC, fone: (48) 3665- 5060, e-mail: felipesuplicy@epagri.gov.sc.br

retos no processo produtivo. Estima-se que ela envolva mais 5 mil postos de trabalho ao longo de toda a cadeia produtiva, desde a produção de equipamentos e insumos até a distribuição e venda para milhares de consumidores finais. Por estes motivos, a maricultura foi declarada como atividade de interesse social e econômico pela Lei Estadual nº 16.874, de 15 de janeiro de 2016, e pela Lei Municipal de Florianópolis nº 10.394, de 20 de junho de 2018. Por estes e outros motivos, a Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina (Fiesc) identificou, em seu Programa de Desenvolvimento Industrial Catarinense (PDIC) de 2012, o setor da maricultura e dos alimentos do mar como um dos Setores Portadores de Futuro da economia catarinense.

Portanto, nesse contexto, a economia de Florianópolis depende de um mar limpo e sadio. No entanto, o que se observa é um descaso e uma falta de priorização deste assunto. Dos 87 pontos de monitoramento da balneabilidade das praias, realizado pelo Instituto de Meio Ambiente, 37% estão impróprias para banho devido a concentrações elevadas de coliformes fecais lançados por esgoto de origens antrópicas. Se considerarmos a costa catarinense, a situação é a mesma: entre os 237 pontos de monitoramento, 84 deles (35%) se encontram impróprios para banho (IMA, 2022).

Outro indicador da situação é o monitoramento microbiológico realizado pela Cidasc nas áreas de cultivo de moluscos. Dos 28 pontos monitorados na costa catarinense, 20 apresentam moluscos condicionados à depuração, ou seja, é indicado que os moluscos sejam purificados por 48 horas em tanques com água do mar esterilizada antes de serem comercializados, e 3 pontos apresentam-se impróprios para cultivo de moluscos. Em Florianópolis, dos 9 pontos de monitoramento, 1 apresenta-se impróprio para o cultivo e 4 possuem uma colheita condicionada à depuração

(CIDASC, 2022).

O que tem se notado ao longo dos anos é uma contínua deterioração da qualidade sanitária do mar não só em Florianópolis, mas em toda a costa catarinense. De acordo com dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o índice de atendimento pelo serviço de coleta e tratamento de esgoto nos 295 municípios catarinenses é de apenas 24,26%.

Em Florianópolis este mesmo índice é de 65%. Nos demais municípios que compõem a Baía de Florianópolis, São José tem 47% do esgoto coletado e tratado, Palhoça tem apenas 9% e em Biguaçu não existe tratamento de esgoto. Além da gravidade da situação atual, o cenário futuro é ainda mais assustador, com a previsão de que a população destes municípios poderá atingir, de atuais 863.174 habitantes, a marca de 1.193.057 habitantes até o ano de 2035 (IBGE, 2022).

Ainda segundo a ANA, o investimento necessário para universalização da coleta e tratamento de esgoto seria de R\$ 7,6 bilhões para todo o Estado, e de R\$ 1,05 bilhão para os municípios que integram a Baía de Florianópolis. Segundo a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (Casan), recursos não são o problema como na maioria dos demais estados brasileiros, pois a empresa possui atualmente uma disponibilidade financeira de R\$ 15 bilhões, valor suficiente para a realização dos investimentos necessários para o Estado chegar à universalização do serviço de coleta e tratamento de esgoto. No entanto, a perspectiva de se atingir esta universalização em 2032, como prevê o Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico de Florianópolis, e também o novo Marco Legal do Saneamento, do governo federal, com prazo para dezembro de 2033, é muito longa, embora seja considerada de médio prazo pelo governo e pelas empresas prestadoras deste serviço. Segundo o Novo Marco Legal do Saneamento, no ano de 2033, 90%

dos brasileiros precisam estar com acesso à coleta de esgoto e 99% da população deve ter água tratada à disposição.

Mesmo que esta meta seja cumprida, o que é improvável em um país burocrático e ineficiente como o Brasil, no caso de Florianópolis, o crescente ritmo de geração e lançamento de esgoto e lixo no mar que assistimos atualmente pode comprometer a saúde do mar e de todos os negócios com base nele. Isso inviabilizaria em menos de dez anos atividades como o turismo, as vias gastronômicas e a maricultura, ameaçando todo um componente importante da economia da cidade.

No momento, diversas obras estão em andamento, como as redes de coletas e as Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) que atenderão os bairros de Ingleses, Sambaqui, Santo Antônio de Lisboa, Cacupé, Campeche, Itacorubi e Saco Grande, e que deverão estar em operação em um prazo de 3 a 4 anos, elevando o índice de atendimento para 77% dos estabelecimentos. Igualmente importantes são as campanhas de conscientização e educação pública da Casan, como o “Trato pelo Capivari” e o “Trato pela Lagoa”, que reduziram o volume de esgoto sem tratamento lançado nos mares em 687.764.320 litros, equivalentes a 137.552 caminhões pipa de 5m<sup>3</sup>. Estas campanhas educativas, combinadas com ações coordenadas de fiscalização, como o programa “Floripa Se Liga na Rede” e a “Blitz Sanear”, com participação de fiscais da Vigilância em Saúde, Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis (Floram), Casan e Prefeitura Municipal de Florianópolis, permitiram a realização de mais de 500 ações semanais desde outubro de 2018, com a inspeção de residências, imóveis comerciais, shoppings centers, hotéis, restaurantes, pousadas, condomínios e edifícios em mais de 30 localidades de Florianópolis. Entre as irregularidades, foram encontrados casos de esgoto na rede pluvial, ausência, infiltração e subdimensionamento de

caixas de gordura, extravasamento de fossa, fossas e ponteiros ativas em locais com rede coletora de esgoto.

Para reverter o quadro atual, no entanto, é preciso mais. São fundamentais a conscientização e o envolvimento de toda a sociedade para que juntos possamos cuidar e zelar pela Baía de Florianópolis. Florianópolis necessita de um “Trato pelo Mar”, com campanhas de divulgação e esclarecimento, acompanhadas de uma série de medidas concretas, como organização de ações voluntárias para retirada de lixo das praias, ampliação e aprimoramento das soluções individuais com orientação sobre instalação e manutenção de fossas sépticas nas residências. Também são necessárias linhas de crédito subsidiadas para obras desta natureza, capacitação de síndicos e zeladores para manutenção de sistemas de tratamento nos condomínios, conscientização de turistas e de crianças em idade escolar, fiscalização e demolição de residências construídas irregularmente e acompanhamento das autuações das ações já realizadas.

Mas uma campanha desta envergadura precisa, pode e deve ser financiada com recursos públicos e privados e apoiada por diversos setores e instituições, como: Associação FloripAmanhã, Associação Brasileira de Bares e Restaurantes (Abrasel), Sindicato de Hotéis, Restaurantes, Bares e Similares de Florianópolis (SHRBS), associações de maricultores, colônias de pescadores, entre outras. Além do envolvimento da população civil organizada, uma iniciativa desta natureza precisa de um envolvimento maciço dos meios de comunicação, que possuem a capacidade de atingir e despertar o interesse e engajamento de milhares de cidadãos.

Igualmente importante para a reversão dos níveis de poluição da Baía de Florianópolis é um pacto intermunicipal com este objetivo específico, envolvendo as prefeituras e o governo estadual, a fim de instituir uma política de Esta-

do e não de governo, pois as obras de saneamento dificilmente são inauguradas pela gestão que as iniciou. De nada adianta Florianópolis avançar no percentual de esgoto coletado e tratado, se estes serviços continuarem precários em cidades vizinhas, como, por exemplo, Palhoça e Biguaçu.

Zelar pelo uso racional dos recursos naturais é, sem dúvida, um dever de todos. Muitas vezes, atitudes simples podem ser fundamentais. Pressionar mais ativamente os candidatos às próximas eleições e as autoridades para a criação de políticas públicas mais coercitivas em relação ao cumprimento da legislação ambiental e sanitária e a preservação do mar pode resultar em medidas eficientes, mesmo que em longo prazo. Que 2022 seja o ano em que os cidadãos de Florianópolis despertarão para este assunto, possam se conscientizar sobre o quanto a cidade depende do mar e se mobilizem para mudar o infeliz cenário que nos aguarda, caso nada seja feito a respeito.

## Referências

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Atlas esgotos e despoluição de bacias hidrográficas**. Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>. Acesso em: 26 abril 2022.

ASSOCIAÇÃO FLORIPAMANHÃ. **Florianópolis: Cidade Unesco da gastronomia**. Florianópolis. 2013. Disponível em: <https://floripamanha.org/prioridades-floripamanha/florianopolis-cidade-unesco-da-gastronomia-unesco-city-of-gastronomy/>. Acesso em: 02 maio 2022.

BOEING, J.J.; MONDO, T.S.; COSTA, J.I.P. da. Criação da via gastronômica de Coqueiros – Florianópolis-SC: sucesso ou ilusão? **Revista Turismo y Desarrollo Local Sostenible**, Málaga. v.4, n.11, p.1-20, 2011.

CIDASC - Defesa Sanitária Animal. **Resultados das análises microbiológicas em moluscos bivalves**. Mapa de situação microbiológica – 25/04/2022. Disponível em: <http://www.cidasc.sc.gov.br/defesasanitaariaanimal/resultado-de-analise-microbiologica/>. Acesso em: 26 abril 2022.

www.cidasc.sc.gov.br/defesasanitaariaanimal/resultado-de-analise-microbiologica/. Acesso em: 26 abril 2022.

CORRÊA, A.J.; MÜLLER, S.G. A influência da ostra na origem, formação e manutenção da via gastronômica do Ribeirão da Ilha – Rota das ostras – Florianópolis-SC. **Ágora**. Santa Cruz do Sul, v.18, n. 01, p.119-130, 2016.

Fecomércio. **Pesquisa Fecomércio SC Turismo: Verão no Litoral Catarinense 2022**. Federação do Comércio de Bens, Serviços e Turismo de Santa Catarina - Fecomércio. Disponível em: <http://observasctur.com.br/estudos/pesquisa-da-fecomercio/>. Acesso em: 26 abril 2022.

GESAMP. **Global trends in pollution of coastal ecosystems**. RUIZ-FERNÁNDEZ, A.C.; SANCHEZ-CABEZA J.A. (Eds.) IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UNEP/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. GESAMP Report and Studies, n.106, Vienna, International Atomic Energy Agency, 2018. 101p.

HOEGH-GULDBERG, O.; CAI, R.; POLOCZANSKA, E.S.; BREWER, P.G.; SUNDBY, S.; HILMI, K.; FABRY, V.J.; JUNG, S. The Ocean. *In*: BARROS, V.R. FIELD, C.B.; DOKKEN, D.J.; MASTRANDREA, M.D.; MACH, K.J.; BILIR, T.E.; CHATTERJEE, M.; EBI, K.L.; ESTRADA, Y.O.; GENOVA, R.C.; GIRMA, B.; KISSEL, E.S.; LEVY, A.N.; MACCRACKEN, S.; MASTRANDREA, P.R.; WHITE, L.L. (Eds.). **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. New York: Cambridge University Press, 2014. p.1655-1731.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/florianopolis/panorama>. Acesso em: 02 maio 2022.

BRASIL. **RAIS – Relação Anual de Informações Sociais**. Disponível em: <http://www.rais.gov.br/sitio/sobre.jsf>. Acesso em: 02 maio 2022.

# Consequências da seca no Oeste Catarinense para a cultura dos citros na safra 2020/21

Eduardo Cesar Brugnara<sup>1</sup>, Rodolfo Vargas Castilhos<sup>2</sup> e Rafael Roveri Sabião<sup>3</sup>

**Resumo** – O ciclo produtivo dos citros na safra 2020/2021 foi afetado por períodos de deficiência hídrica com magnitudes pouco comuns para o Oeste Catarinense, especialmente de setembro a novembro de 2020. Com a estiagem, as plantas sofreram murcha, redução de crescimento, abortamento excessivo de frutos da florada de inverno e, com o retorno das chuvas, floração intensa em dezembro. Isso causou uma safra temporã de dimensão atípica em diversos cultivares e locais. Também foram observados redução do tamanho dos frutos e aumento populacional da cochonilha-verde com consequente desenvolvimento intenso de fumagina. Essas consequências da estiagem nos pomares de citros na região sugerem a necessidade de maximizar o armazenamento de água no solo e monitorar a ocorrência de pragas.

**Termos para indexação:** *Citrus*; Déficit hídrico; *Coccus viridis*; *Capnodium* sp.

## Consequences of drought in western Santa Catarina for citrus crop in the 2020/21 harvest season

**Abstract** – The citrus production cycle in the 2020/2021 harvest in the western region of Santa Catarina was affected by periods of water deficiency with unusual magnitudes, especially from September to November 2020. With the drought, the plants suffered wilted, reduced growth, excessive dropping of fruitlet from winter bloom, and, with the return of the rain, intense flowering in December. This caused an out-season crop of atypical magnitude in several cultivars and locations. A reduction in fruit size and an increase in the population of green scale, with consequent intense development of sooty mold, were also observed. These consequences of drought in citrus orchards in the region suggest the need to maximize water storage in the soil and monitor the occurrence of pests.

**Index-terms:** *Citrus*; water deficit; *Coccus viridis*; *Capnodium* sp.

## Introdução

Os citros são cultivados em diferentes condições de clima e solo, desde os trópicos até regiões subtropicais, com ou sem estações secas, ou até em regiões semidesérticas com irrigação. Em Santa Catarina, as áreas de cultivo se concentram nas regiões de clima Cfa com topografia acidentada. Em pomares sobre Neossolos e alguns Cambissolos, a capacidade de armazenamento de água pode ser limitada pela profundidade do solo. Dessa forma, o sucesso da produção depende da boa distribuição de chuvas. Para os citros, a necessidade de chuva varia de 50 a 70mm por mês no inverno e até 250mm por mês no verão (KOLLER, 2006). Nas condições edafoclimáticas predominantes em Santa Catarina não ocorre déficit hídrico significativo para os citros, mas em al-

guns anos ocorrem perdas na produção, principalmente no Oeste (KOLLER & SOPRANO, 2013).

Em condições normais de precipitação, no sul do Brasil, o principal fator responsável por desencadear a diferenciação de gemas reprodutivas dos citros são as baixas temperaturas, que induzem intensa florada no final do inverno (julho a agosto) e colheita a partir de março do ano subsequente. Períodos de estiagem, geralmente no verão, promovem novos fluxos de floração, de menor intensidade, que pode permitir aos citricultores a colheita de frutos na entressafra (KOLLER, 2006; MEDINA et al., 2008). A chuva, além de regular a fenologia, garante a abertura estomática para as trocas gasosas durante a fotossíntese e a respiração, sendo fundamental para o crescimento vegetativo e a produção de frutos (MEDINA et al., 2008).

## Estiagem na safra 2020/2021

Em 2020, nos meses de julho e agosto, no Oeste Catarinense, a precipitação acumulada foi inferior à média histórica, o que se intensificou nos meses de setembro e outubro. Em Chapecó, o volume de chuva de setembro (40,2mm, 14% da média histórica) foi o terceiro menor desde 1973, e o de outubro (19,2mm, 8% da média histórica) foi o menor. A precipitação acumulada nos trimestres de agosto a outubro e de setembro a novembro foi a menor da série histórica. Apenas no final do mês de novembro a precipitação voltou a ficar próxima da normalidade, permanecendo assim ou acima até o mês de janeiro. Em fevereiro, março e abril de 2021, houve um novo declínio dos volumes de chuva acumulados. Dezembro e janei-

Recebido em 20/7/2021. Aceito para publicação em 24/02/2022.

<https://doi.org/10.52945/rac.v35i2.1231>

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, M.Sc., Epagri/Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar (Cepaf). C.P. 791, 89801-970, Chapecó, SC, fone: (49) 2049-7545, e-mail: [eduardobrugnara@epagri.sc.gov.br](mailto:eduardobrugnara@epagri.sc.gov.br).

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Cepaf, email: [rodolfocastilhos@epagri.sc.gov.br](mailto:rodolfocastilhos@epagri.sc.gov.br).

<sup>3</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Cepaf, e-mail: [rafaelsabiao@epagri.sc.gov.br](mailto:rafaelsabiao@epagri.sc.gov.br).

ro foram os únicos meses da safra com precipitação acima da média histórica em Chapecó (EPAGRI, 2020).

Na Figura 1 é apresentado o índice de satisfação da necessidade de água (ISNA) da cultura dos citros ao longo da safra (EPAGRI, 2020), que é calculado pela divisão da evapotranspiração real pela evapotranspiração de referência. Observa-se que o período de maior déficit de água no solo ocorreu de setembro a novembro, com valores abaixo de 60%, aliviados brevemente por precipitações de baixo volume. Cabe ressaltar que solos da região com profundidade limitada, como Neossolos e Cambissolos, normalmente apresentam menor capacidade de armazenamento de água, favorecendo o estresse hídrico mais intenso do que o estimado na Figura 1.

## Efeitos nas plantas cítricas

O primeiro fluxo de brotação, que é reprodutivo e vegetativo, ocorreu normalmente, em julho de 2020. No decorrer do período, o déficit hídrico reduziu as reservas de água do solo e causou deficiências hídricas severas (Figura 2A). Houve abortamento de frutos acima do normal (Figura 2B), o que provavelmente reduziu o volume de produção da safra normal de 2021. No entanto, com a ocorrência de chuvas mais intensas no final de novembro de 2020, a maioria dos cultivares emitiu um novo fluxo de brotação reprodutivo (Figura 2B). A quantidade de flores emitidas foi maior do que normalmente acontece na região, propiciando uma segunda colheita (Figura 2C-D), mais tardia.

A menor disponibilidade de água e a alta incidência de cochonilhas e fumagina, relatadas a seguir, reduzem o crescimento vegetativo, provavelmente impactando negativamente a safra 2022, pois os ramos responsáveis pela emissão de flores no inverno de 2021 foram formados na primavera e no verão durante o ciclo de crescimento de 2020/2021. Por outro lado, plantas com baixa carga de frutos, devido à seca, poderão florescer de forma mais intensa, já que a presença de frutos nos ramos exerce um efeito inibidor de florescimento. Houve ainda redução do tamanho médio dos frutos devido à falta de água, especialmente em plantas que não sofreram redução no número de frutos.

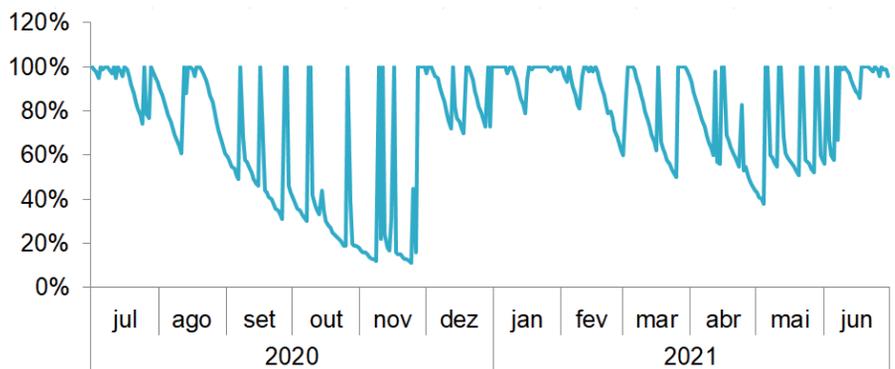


Figura 1. Índice de satisfação da necessidade de água (diário) (ISNA) de pomar adulto de citros para solo com capacidade de armazenamento de água disponível de 100mm, de julho de 2020 a junho de 2021 em Chapecó, SC (Adaptado de Epagri, 2020).

Figure 1. Water requirement satisfaction index (daily) of adult citrus orchard for soil with 100mm available water storage capacity, from July 2020 to June 2021 in Chapecó, SC (Adapted from Epagri, 2020).

## Surtos de cochonilhas e fumagina

Foram observados surtos de fumagina (*Capnodium* sp.) em ramos, folhas e frutos de plantas cítricas (Figuras 3A), em decorrência da alta incidência de cochonilhas, especialmente em pomares que não receberam pulverizações de agrotóxicos. Este fenômeno foi observado em Chapecó, Cordilheira Alta e Coronel Freitas. A espécie de cochonilha predominante foi *Coccus viridis* (Green, 1889) (Hemiptera: Coccidae), conhecida comumente como ‘cochonilha-verde’. Esta espécie incide principalmente em brotações novas, e possui coloração verde-pálida, formato oval-alongado, com traços em ‘U’ visíveis no dorso (Figura 3B), podendo os adultos medir até 3mm (GRAVENA, 2005).

Os potenciais danos na produção causados por estes dois fatores estão relacionados ao enfraquecimento da planta em função da sucção da seiva e redução na capacidade fotossintética em decorrência da fumagina. A *C. viridis* é biologicamente controlada por parasitoides, predadores e entomopatógenos, com destaque para o fungo branco franjado *Lecanicillium* spp. (GRAVENA, 2005; FERNANDES et al., 2008) (Figura 3C).

Normalmente, os danos ocasionados por cochonilhas em citros não são relevantes em Santa Catarina devido ao biocontrole exercido por inimigos naturais. No entanto, maior intensidade de ataque pode ocorrer em períodos

de maior temperatura e menor precipitação (FERNANDES et al., 2005), uma vez que em condições de estiagem, os fungos entomopatogênicos são desfavorecidos, o que possibilita um aumento na população de cochonilhas e consequente surto de fumagina, a qual se desenvolve sob os seus excrementos açucarados. Entretanto, a fumagina pode ter sido causada também por outras pragas, dentre as quais se destaca em locais próximos a Coronel Freitas a mosca-negras-dos-citros (*Aleurocanthus woglumi* Ashby, 1915 - Hemiptera: Aleyrodidae) (Figura 3D) recentemente identificada no Estado (CASTILHOS et al., 2019).

## Considerações finais

Sabendo-se que historicamente ocorrem períodos de deficiência hídrica para os citros, para minimizar os prejuízos recomenda-se aos citricultores:

- Adotar, desde a formação do pomar, práticas agrícolas que aumentem taxa de infiltração e armazenamento de água no solo, como descompactação mecânica e uso de plantas de cobertura de solo;

- Fazer o manejo da cobertura vegetal com roçadas mecânicas, mantendo a palhada, para evitar a competição por água com os citros nos períodos críticos com restrição hídrica;

- Utilizar porta-enxertos e espaçamentos entre plantas adequados para evitar competição intraespecífica;

- Monitorar a ocorrência de pragas e adotar medidas de manejo integrado.



Figura 2. Laranjeira 'Valência' com murcha (nov/20) (A); com poucos frutos, emitindo uma segunda floração (dez/20) (B) (Águas de Chapecó); frutos de duas florações em tangerineiras 'Ponkan' (jul/21, Chapecó) (C) e 'Murcott' (Coronel Freitas, jul/21) (D).

Fotos: Eduardo C. Brugnara.

Figure 2. 'Valência' orange tree wilting (Nov/20) (A); with few fruits and emitting a second bloom (Dec/20) (B) (Águas de Chapecó); fruits from two blooming fluxes in 'Ponkan' (Jul/21, Chapecó) (C) and 'Murcott' tangerines (Coronel Freitas, Jul/21) (D).

Photos: Eduardo C. Brugnara.



Figura 3. Fumagina em ramos, folhas e frutos (A); cochonilha-verde *Coccus viridis* (B) cochonilha verde colonizada pelo fungo *Lecanicillium* sp. (C) (Chapecó, 2021); mosca-negra-dos-citros *Aleurocanthus woglumi* (Coronel Freitas, 2021) (D).

Fotografias: Rodolfo V. Castilhos (A-C) e Elisa Bosetti (D).

Figure 3. Sooty mold in shoots, leaves and fruits (A); green scale *Coccus viridis* (B); green scales colonized by the fungus *Lecanicillium* sp. (C) (Chapecó, 2021); citrus blackfly *Aleurocanthus woglumi* (Coronel Freitas, 2021) (D).

Photos: Rodolfo V. Castilhos (A-D) and Elisa Bosetti (D).

## Referências

- CASTILHOS, R. V.; BRUGNARA, E. C.; SABIÃO, R. R.; ANDRADE, T. P. R.; NEGRI, G. Primeiro registro de *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera: Aleyrodidae) no estado de Santa Catarina, Brasil. **Citrus Research & Technology**, v. 40, p. e1051, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/crt.18919>.
- EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Banco de dados de variáveis ambientais de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2020. 20p. (Epagri, Documentos, 310) - ISSN 2674-9521 (On-line)
- FERNANDES, F. L.; PICANÇO, M. C.; FERNANDES, M. S.; MAGALHÃES, S. V.; GONTIJO, P. C.; SILVA, V. F. Mortalidade de *Coccus viridis* (Hemiptera: Coccidae) por *Lecanicillium* spp. em diferentes órgãos de *Coffea arabica* em casa de vegetação. **EntomoBrasilis**, v. 2, n. 1, p. 11-16, 2008. DOI: <https://doi.org/10.12741/ebrazilis.v2i1.39>.
- FERNANDES, F. L.; PICANÇO, M. C.; SENA, M. E.; SILVA, V. F.; VILAÇA, F. N.; MARTINS, J. C. Sazonalidade de ataque de *Coccus viridis* a cafeeiros durante o ano de 2004 em Viçosa - MG. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 4, 2005. **Anais[...]**. Consórcio Pesquisa Café, 2005. Disponível em: <http://www.consorcioinvestigacaocafe.com.br/index.php/consorcio/separador2/simposio-de-pesquisa-dos-cafes-do-brasil/545-anais-do-iv-simposio-de-pesquisa-dos-cafes-do-brasil>. Acesso em: 13 jul. 2021.
- GRAVENA, S. **Manual prático de manejo ecológico de pragas dos citros**. Jaboticabal: Gravena, 2005. 372p.
- KOLLER, O. C. Clima e solo. In.: KOLLER, O. C. **Citricultura: 1. Laranja: tecnologia de produção, pós-colheita, industrialização e comercialização**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2006. Cap. 4, p. 49-62.
- KOLLER, O. L.; SOPRANO, E. Planejamento do pomar. In.: KOLLER, O. L. (Org.). **Citricultura catarinense**. Florianópolis: Epagri, 2013. Cap. 2, p.41-55.
- MEDINA, C. L.; CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. Citros. In.: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia dos cultivos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 2008. p.498-516.

# Utilização de resíduos agroindustriais na alimentação de ruminantes

Vanessa Ruiz Fávaro<sup>1</sup> e Ângela Fonseca Rech<sup>1</sup>

**Resumo** – Os resíduos agroindustriais, principalmente os inapropriados à alimentação humana, podem ser utilizados para alimentação de ruminantes, devido à sua capacidade de converter alimentos fibrosos em produtos nobres, como o leite e a carne. O emprego de resíduos na alimentação de ruminantes pode contribuir para redução dos custos, diminuição da competição por alimentos e mitigação dos impactos ambientais causados pelo descarte incorreto destes. Contudo, o êxito da utilização dos resíduos é muitas vezes limitado ao pouco conhecimento das características nutricionais, forma de conservação e valor econômico. O objetivo deste informativo é apresentar os principais fatores a serem avaliados para escolha de um determinado resíduo agroindustrial na alimentação animal.

**Termos para indexação:** Alimentos alternativos; Nutrição animal; Sustentabilidade.

## Use of agro-industrial residues in ruminant feeding

**Abstract** – Agro-industrial residues, especially those inappropriate for human consumption, can be used for ruminants feed, due to their ability to convert fibrous foods into noble products, such as milk and meat. The use of residues in the feeding of ruminants contributes to reducing costs, reducing competition for food and mitigating the environmental impacts caused by their incorrect disposal. However, the successful use of residues is often limited to little knowledge of nutritional characteristics, form of conservation and economic value. The purpose of this article is to present the main factors to be evaluated for choosing a specific agro-industrial residue in animal feed.

**Index terms:** Alternative foods; Animal nutrition; Sustainability.

## Introdução

O Brasil é um dos países com maior atividade agrícola do mundo e, conseqüentemente, um dos que mais produzem resíduos agroindustriais oriundos do processamento de alimentos, fibras, couro, madeira, entre outros (RICARDINO et al., 2020). Em contrapartida, o setor de produção animal é fortemente criticado devido à competição alimentar, ou seja, o uso de terras aráveis para cultivo de cereais para ração animal em vez de utilizá-los diretamente na alimentação humana. Enquanto isso, aproximadamente 1,3 bilhões de toneladas de alimentos são desperdiçadas anualmente – as frutas e os vegetais compõem uma parte substancial dessa perda (WADHWA et al., 2015).

O uso de resíduos agropecuários impróprios para o consumo humano na dieta dos animais é uma potencial estratégia para reduzir os impactos ambientais da produção e da competição por alimentos na pecuária. Esses resí-

duos podem ser obtidos de processos agroindustriais, como o beneficiamento de grãos, a destilaria, a produção de biodiesel, o processamento de frutas e vegetais, entre outros processos que utilizam biomassa como matéria-prima (SALAMI et al., 2019). Podem ser empregados principalmente em situações com baixa disponibilidade de forragens, quando as reservas de forragens conservadas forem insuficientes para atender as exigências dos rebanhos, e na formulação de misturas múltiplas para suplementação a pasto. Nesse informativo são abordados pontos importantes para escolha dos resíduos agroindustriais para alimentação animal.

## Fatores que devem ser considerados antes da utilização de um resíduo agropecuário

O sucesso na utilização de um resíduo depende do bom planejamento,

armazenamento e uso. As particularidades de cada resíduo, como características nutricionais (teor de matéria seca, principalmente no caso de produtos úmidos), disponibilidade, sazonalidade, custo e logística (transporte, descarga e armazenamento), representam os componentes preponderantes na viabilidade da sua utilização.

**Composição nutricional:** Os resíduos agroindustriais podem apresentar grande variação na composição nutricional, dificultando o balanceamento das dietas. O ideal é realizar análise bromatológica para conhecimento dos teores de proteína, fibra, energia e digestibilidade. Outro fator primordial é o teor de matéria seca (MS), pois a presença de água pode encarecer o custo pago pelos nutrientes. Portanto é necessário fazer a correção do valor, descontando-se a água presente, ou seja, calcular o custo em 100% de MS.

Exemplo de um resíduo com 20% de MS e custo de R\$ 90,00/tonelada:

Valor em 100% de MS =  $(100 \times \text{custo do resíduo}) / \text{teor de MS}$

Valor em 100% de MS =  $(100 \times 90,00) / 20 = \text{R\$ } 450,00$

Dessa forma, o valor pago pelos nutrientes presentes no resíduo adquirido, sem a presença de água, será de R\$ 450,00/tonelada.

**Disponibilidade e sazonalidade:** grande parte dos resíduos está disponível regionalmente e em pequena escala, o que pode gerar inconstância de fornecimento. É necessário efetuar um planejamento de quais produtos estão disponíveis e, em quais épocas do ano, relacionando-os com a produção e a qualidade das forrageiras para realizar o adequado balanceamento da dieta.

**Custo:** o principal fator considerado na avaliação é uma possível vantagem econômica, seja por uma redução direta no custo da alimentação ou melhor desempenho animal, resultante de aumento na eficiência alimentar. A negociação direta com a empresa fornecedora pode ser uma vantagem, porém em situações em que só se comercializam grandes volumes ou cargas fechadas, deverá ser feito um planejamento de armazenamento e consumo, principalmente quando se tratar de alimentos de fácil deterioração, que exigem consumo rápido. Poderá haver desperdício de produtos e intoxicação animal resultando em prejuízos ao produtor.

**Transporte:** No caso de resíduos, o transporte por longas distâncias é inviável economicamente e a elevada umidade do produto constitui-se no principal fator limitante.

**Conservação:** Alguns produtos não permitem estocagem prolongada devido ao alto teor de umidade, o que facilita a deterioração, o desenvolvimento de microrganismos, a produção de toxinas e a intoxicação dos animais. A utilização do processo de ensilagem como ferramenta para conservar a qualidade dos alimentos por períodos mais prolongados e sob condições que evitem a sua degradação pode ser uma alternativa viável, como avaliado por CONTE (2017) e BARCELOS (2012).

**Alimentos alternativos com maior disponibilidade em Santa Catarina**

**Resíduo úmido de cervejaria (RUC):** é gerado após a remoção do amido dos grãos de cereais para produção de álco-

ol. Na fabricação de cerveja, o malte de cevada é moído e pode ser misturado com milho, arroz, ou outros cereais. Em seguida, ocorre o cozimento e a separação das frações sólidas e líquidas. A fração líquida é fermentada para produzir cerveja, enquanto a parte sólida é o resíduo de cervejaria. O RUC contém em média de 25 a 30% de matéria seca, ou pode ser secado até atingir 88 a 92% de MS, resultando então no resíduo seco de cervejaria. A proporção de malte de cevada, utilizada com arroz ou milho, varia entre as indústrias e resulta em diferentes composições nutricionais (SHEID & GUERIOS, 2021).

O uso eficiente do RUC para alimentação animal depende de uma conservação adequada. Alterações na composição bromatológica causadas por degradação aeróbica afetam negativamente o valor nutritivo do produto. A recomendação é que o resíduo não seja estocado por mais que 10 dias sob condições ambiente. Em casos de deterioração, que pode ser facilmente identificada pelo aumento da temperatura e do odor desagradável, o RUC deverá ser descartado, pois pode provocar intoxicação aos animais. A alternativa para conservação deste material é a ensilagem (BARCELOS, 2012).

**Resíduo de frutas:** O processamento, a embalagem, a distribuição e o consumo de frutas e vegetais geram grande quantidade de resíduos. Em Santa Catarina a fruticultura vem apresentando crescimento ao longo dos anos, sendo as principais frutas produzidas a maçã, banana, uva, ameixa, melancia, maracujá, pêssego, laranja, pera e tangerina (EPAGRI/CEPA, 2020). A umidade é o principal fator limitante para utilização de resíduos de frutas, pois encarece o transporte e o armazenamento, além de possuir grande variação na composição nutricional, o que dificulta o balanceamento das dietas. Seguem abaixo as características de alguns resíduos de frutas produzidas em Santa Catarina:

**Maçã:** Após o processamento da fruta, gera-se o resíduo conhecido como polpa ou bagaço correspondente entre 15 e 30% do peso da fruta. Estima-se que sejam produzidos em torno de 33 mil toneladas de bagaço de maçã por ano no estado de Santa Catarina (EPAGRI/CEPA, 2020). No processo de

extração do suco, após a prensagem, tem-se como subproduto uma massa com umidade em torno de 80%, que é composta por cascas e polpas (94,5%), as sementes (4,4%) e os centros (1,1%). Este material possui elevada concentração de carboidratos e fibras, mas baixo teor de proteínas, aminoácidos essenciais e sais minerais, sendo boa fonte energética para a alimentação de animais ruminantes. O resíduo úmido de maçã pode ser armazenado na forma de silagem, associado a outros produtos de maior teor de MS, como milho, feno e farelos (RECH, 2013).

**Banana:** Os excedentes de produção e frutos fora dos padrões de qualidade para consumo *in natura* podem ser industrializados, sendo a casca o principal resíduo, aproximadamente 45% do peso total. A casca da banana pode ser utilizada como fonte energética, com valor nutritivo similar à mandioca ou a cascas de cítricos. É recomendada para pequenos produtores como alimento complementar para ruminantes (CONTE, 2017).

**Uva:** Em regiões produtoras de vinho, a utilização dos resíduos de uva na alimentação animal é comum. O bagaço é o principal subproduto resultante da prensagem das uvas e apresenta, em média, 48% de MS, dependendo da prensagem. Há interesse crescente pela utilização deste resíduo, pois foi observado que o fornecimento de bagaço de uva estimulou os sistemas antioxidante e imunológico e, conseqüentemente, favoreceu o crescimento em cordeiros lactentes (MOLOSSE et al., 2021).

**Resíduos de lavouras - palhas e cascas:** Em Santa Catarina as culturas com maior representatividade são soja, milho, arroz, cebola, mandioca, feijão e trigo (EPAGRI/CEPA, 2020). De maneira geral esses cultivos proporcionam dois tipos de resíduos: um primário (palha, resteva) e um secundário (resíduos do processo de industrialização de grãos). As palhadas podem ser utilizadas como volumoso na época da escassez de forragens. Uma de suas principais características é o baixo valor nutritivo e, quando são fornecidas como único alimento aos ruminantes, não permitem que o animal atinja consumo suficiente de MS, proteína e energia digestível para sua manutenção (RODRIGUES & SOU-

ZA, 2005). Mas elas podem ser utilizadas por categorias animais com menores exigências nutritivas e também para elevar o teor de MS de uma forrageira a ser ensilada. Assim, atenção especial é necessária no balanceamento das dietas que envolvem palhadas. A adoção de algum tipo de tratamento, como trituração, aplicação de hidróxido de sódio e ureia, pode ser alternativa para elevar o valor nutritivo, melhorar o consumo e a digestibilidade.

Na Tabela 1 estão apresentadas as composições médias de alguns resíduos agroindustriais. É importante salientar que os teores nutricionais dos resíduos sofrem grande variação em função do local, do método de produção, da safra e/ou da época do ano. Portanto, recomenda-se que seja feita análise bromatológica antes do início do fornecimento aos animais, para realizar o correto balanceamento da dieta.

## Considerações finais

A utilização de resíduos agroindustriais na alimentação de ruminantes é uma estratégia para redução dos custos e aumento na produtividade, porém requer uma análise criteriosa para opção

do produto mais adequado para cada situação. Um profissional capacitado poderá auxiliar na escolha correta para o melhor retorno econômico.

## Referências

BARCELOS, B. **Utilização do resíduo de cervejaria na produção de silagem como alternativa para alimentação de ruminantes.** 2012. 70f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP, 2012.

CONTE, R.A. **Conservação e utilização do subproduto da banana como alimento alternativo para vacas leiteiras.** 2017. 163f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade do Estado de Santa Catarina, Chapecó, SC, 2017.

EPAGRI-CEPA. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina – 2018/2019.** Florianópolis: Epagri/Cepa, 2020. 200p.

MOLOSSE, V.L.; DEOLINDO, G.L.; CÉCERE, B.G.; MARCON, H.; DA ROSA, G.; VEDOVATTO, M.; ZOTTI, C.A.; SILVA, A.D.; FRACASSO, M.; MORSCH, V.M.; CARVALHO, R.A.; PEREIRA, W.A.B.; DA SILVA, A.S. Effect of dietary supplementation with grape residue flour on weight gain, metabolic profile, leukogram,

proteinogram and antioxidant response in suckling lambs. **Research in Veterinary Science**, v.139, p.112-120, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2021.07.004>

RECH, A.F. Alimentos alternativos para a pecuária de leite: uma revisão. **Agropecuária Catarinense**, v.26, n.2, p.42-46, jul. 2013. DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v35i1.1306>

RIBEIRO FILHO, H.M.N.; OLIVEIRA JUNIOR, L.C.S.; DIAS, K.M. Avaliação nutricional da polpa de maçã como suplementação energética para bovinos. **Ciência Rural**, v.42, n.9, p. 1627-1633, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000065>

RICARDINO, I.E.F.; SOUZA, M.N.C.; SILVA NETO, I.F. Vantagens e Possibilidades do reaproveitamento de resíduos agroindustriais. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 1, n. 8, p. 55-79, 2020. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrrj.edu.br/revista/index.php/alimentos/article/viewFile/1651/977>. Acesso em: 01 fev. 2021

RODRIGUES, A.A.; SOUZA, F.H.D. **Utilização da palhada residual da produção de sementes de capim na alimentação de ruminantes.** Circular técnica 42. Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/47261/1/Circular42.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2021.

SALAMI, S. A.; LUCIANO, G.; O'GRADY, M. N.; BIONDI, L.; NEWBOLD, C. J.; KERRY, J. P.; PRIOLO, A. Sustainability of feeding plant by-products: a review of the implications for ruminant meat production. **Animal Feed Science and Technology**, v.251, p.37–55, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.02.006>

SHEID, R.P.; GUERIOS, E.M.A. Suplementação proteica de bovinos leiteiros com resíduo úmido de cervejaria (RUC). **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária FAG**, v.4, n.1, p.195-204, 2021. Disponível em: <http://www.themaetscientia.fag.edu.br/index.php/ABMVFAG/article/view/1533>. Acesso em: 19 jan. 2021

VALADARES FILHO, S.C.; LOPES, S.A.; SILVA, B.C.; CHIZZOTTI, M.L.; BISSARO, L.Z. CQBAL 4.0. **Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Ruminantes.** 2018. Disponível em: [www.cqbal.com.br](http://www.cqbal.com.br). Acesso em: 01 fev. 2022.

WADHWA M, BAKSHI M.P., MAKKAR H.P. Waste to worth: fruit wastes and by-products as animal feed. **CAB Reviews**, v.10, p.1-26, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR201510031>

Tabela 1. Teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), nutrientes digestíveis totais (NDT) e lignina (LIG) de resíduos agroindustriais utilizados na alimentação de ruminantes

Table 1. Dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), total digestible nutrients (TDN) and lignin (LIG) contents of agro-industrial residues used in ruminant feed

Resíduos	MS	PB	FDN	NDT	LIG	Limitação/Recomendação
	%	%MS				
Resíduo Úmido de Cervejaria <sup>1</sup>	26,4	33,4	33,1	58,0	8,7	Umidade elevada/ensilagem
Bagaço de maçã <sup>2</sup>	20,6	4,3	28,6	-	-	Umidade elevada/ensilagem
Subproduto de banana <sup>3</sup>	11,2	8,8	48,0	-	-	Umidade elevada/ensilagem
Bagaço de uva <sup>1</sup>	54,2	12,5	52,1	62,9	26,3	Umidade elevada/ensilagem
Palha de milho <sup>1</sup>	90,4	2,6	84,3	54,6	11,0	Baixa qualidade nutricional
Palha de soja <sup>1</sup>	89,9	5,7	88,2	42,5	13,4	Baixa qualidade nutricional

<sup>1</sup>Valadares Filho et al. (2018); <sup>2</sup>Ribeiro Filho et al. (2012); <sup>3</sup>CONTE (2017)

## Partição de massa no consórcio de milho, *Brachiaria ruziziensis* e feijão guandu

Matheus Lucas Schuck<sup>1</sup>, Juliano Rossi Oliveira<sup>2</sup>, Renata Fernanda Pasinato<sup>3</sup>, Joana do Amaral Antoniak<sup>3</sup>

**Resumo** – Objetivou-se com esse trabalho avaliar a partição de massa seca na produção de milho, *Brachiaria ruziziensis* e feijão guandu cultivados em consórcio. O experimento foi conduzido no IFC Campus Concórdia, SC. O delineamento foi de blocos ao acaso com medidas repetidas no tempo, com quatro repetições, composto por seis tratamentos: (1) *B. ruziziensis* solteira; (2) feijão guandu solteiro; (3) milho + feijão guandu + *B. ruziziensis*; (4) milho + *B. ruziziensis*; (5) milho + feijão guandu e (6) milho solteiro. Foi determinada a produtividade de massa seca total do milho e das espécies forrageiras, e a partição da massa de folhas, colmo e espigas de milho aos 69, 97, 118 e 160 dias após a semeadura. Durante o ciclo não houve diferenças na produtividade de massa seca de folha, espigas e total de milho quando cultivado em consórcio com *B. ruziziensis*. O cultivo de milho e feijão guandu consorciados apresentaram acúmulo total de massa seca, quando somados, equivalentes ao cultivo do milho solteiro.

**Termos para indexação:** *Zea mays*; *Cajanus cajan*; Integração lavoura pecuária.

### Botanical composition and mass partitioning in intercrops system with corn, *Brachiaria ruziziensis* and pigeon pea

**Abstract** – The objective of this research was to evaluate the partition of dry mass in the production of maize, *Brachiaria ruziziensis* and pigeon pea cultivated in intercropping. The experiment was conducted at the IFC- Campus Concordia, SC. The design was randomized blocks with repeated measures over time, with four replications, consisting of six treatments: (1) *B. ruziziensis*; (2) Pigeon pea; (3) Corn + pigeon pea + *B. ruziziensis*; (4) Corn + *B. ruziziensis*; (5) Corn + pigeon pea and (6) Corn. The total dry mass productivity of corn and forage species, and the partition of the mass of leaves, stalk and corn cobs at 69, 97, 118 and 160 days after sowing were determined. During the cycle there were no differences in the productivity of total dry mass, leaves and corn cobs when cultivated in intercropping with *B. ruziziensis*. The cultivation of intercropped corn and pigeon pea showed a total accumulation of dry mass equivalent to the cultivation of single corn.

**Index terms:** *Zea mays*; *Cajanus cajan*; Crop livestock systems.

O milho é o cereal mais importante cultivado no Brasil. O estado de Santa Catarina, por sua vez, é um grande produtor e consumidor deste produto, alcançando na safra de 2019/20 a produção total de 2,87 milhões de toneladas do grão e uma das produtividades médias por hectare mais altas do país, 8.327kg ha<sup>-1</sup> (EPAGRI/CEPA, 2019). Apesar da grande produção, historicamente há déficit deste grão no Estado, haja vista que sua maior destinação interna é a produção de rações para alimentação animal. Santa Catarina ainda abriga uma das maiores bacias leiteiras da América Latina, o que aumenta a competição pelas áreas cultivadas em benefício da produção de silagem.

Uma alternativa para manejar estas questões é a utilização de sistemas consorciados de Integração Lavoura Pecuária (ILP). Estes sistemas permitem a produção concomitante de grãos com plantas forrageiras desenvolvendo-se no subdossel, o que permite que a partir da colheita da cultura de grãos a pastagem já esteja implantada para a utilização no período outonal (OLIVEIRA, 2013). Além do aumento da produtividade anual de massa devido à permanência de utilização do solo com algum cultivo vegetal, é possível melhorar a eficiência no uso dos insumos, especialmente pela catalisação dos ciclos biológicos, pela melhoria no equilíbrio e na estabilidade do sistema (SOARES et al., 2014).

O milho é uma alternativa como cultura principal em cultivos integrados, pois apresenta boa capacidade de competição (OLIVEIRA, 2013). Plantas do gênero *Brachiaria*, por sua vez, já são utilizadas em grande escala nos consórcios em regiões do Brasil tropical, haja vista sua alta capacidade de produtividade de massa seca e propagação por sementes (RICHART et al., 2010). Além disso, sistemas consorciados com espécies leguminosas já foram testados no país e podem trazer benefícios pelo aporte de nitrogênio ao solo via fixação biológica. A utilização de feijão guandu (*Cajanus cajan*) nestes casos pode também aumentar a qualidade nutricional da pastagem ou do material ensilado,

Recebido em 23/7/2021. Aceito para publicação em 14/12/2021.

<https://doi.org/10.52945/rac.v35i2.1236>

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, mestrando, Universidade Estadual de Maringá (UEM), campus Maringá, Av. Colombo, 5790, Maringá/PR, 87020-900, e-mail: schuck.mlucas@gmail.com.

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Instituto Federal Catarinense (IFC), campus Concórdia, Rodovia SC 283, s/n, Concórdia, SC, 89703-720, e-mail: juliano.oliveira@ifc.edu.br.

<sup>3</sup> Acadêmicas do Curso de Agronomia, IFC, campus Concórdia, e-mail: renatapasinato@gmail.com, joanaantoniak@gmail.com.

em especial pela mudança no teor de fibras e proteínas, bem como pelo aumento da digestibilidade das forrageiras (NUNES et al. 2006).

Em contrapartida, a competição por recursos entre as espécies pode ocasionar modificações na alocação de carboidratos na planta de milho, alterar a partição de massa seca e em última análise prejudicar a produtividade de grãos, inviabilizando o cultivo consorciado (CARVALHO et al., 2011; PARIZ et al., 2011). É necessário, portanto, conhecer as respostas morfológicas dos arranjos produtivos de consórcios nos diversos ambientes edafoclimáticos em que estes podem ser utilizados. Este trabalho objetivou avaliar a partição de massa seca de milho e massa seca das espécies *Brachiaria ruziziensis* e feijão guandu cultivados em consórcio.

O experimento foi conduzido em fazenda experimental no município de Concórdia (Altitude 640m; 27°13'55"S e 52°00'26"O), mesorregião Oeste Catarinense, na safra 2018/2019. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com medidas repetidas no tempo e quatro repetições. Os tratamentos foram: (1) *Brachiaria ruziziensis* ("B"); (2) feijão guandu ("G"); (3) milho ("M"); (4) milho + *Brachiaria ruziziensis* ("MB"); (5) milho + feijão guandu ("MG"); (6) milho + *Brachiaria ruziziensis* + feijão guandu ("MGB"). A área foi dividida em parcelas experimentais de 48m<sup>2</sup>. A semeadura das espécies foi realizada no mesmo dia, sendo que para o cultivo de milho solteiro as linhas foram espaçadas a 0,8m (seis linhas por parcela),

com densidade de semeadura de 75 mil sementes ha<sup>-1</sup>. Os sistemas consorciados que utilizaram milho + feijão guandu foram arranjos no espaçamento entre linhas de 0,8m, com linhas de cada espécie intercaladas, resultando em densidade de 37.500 sementes ha<sup>-1</sup> de milho e 1,75kg de sementes de feijão guandu ha<sup>-1</sup>. Em todos os arranjos contendo *Brachiaria ruziziensis* foram utilizados 40kg de sementes ha<sup>-1</sup> no espaçamento de 0,4m, sendo que as sementes dessa espécie foram misturadas ao fertilizante no momento da semeadura. A adubação utilizada na linha de semeadura foi de 300kg ha<sup>-1</sup> de N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O (9-33-12), com o solo previamente corrigido, e 150kg ha<sup>-1</sup> de ureia (45% N) realizado em cobertura no estádio V3 do milho.

Amostras de 3,2m<sup>2</sup> do dossel das plantas foram retiradas da área útil da parcela aos 69, 97, 118 e 160 dias após a semeadura das espécies por meio de corte manual ao nível do solo e coleta de toda a massa da parte aérea. O material foi separado inicialmente segundo a espécie e posteriormente as plantas de milho foram separadas em folha (lâminas foliares), colmo (bainhas foliares, pseudocolmos, colmos verdadeiros e pendão) e espigas (espigas empalhadas). Após a separação, o material foi pesado e secado para estimativa da produtividade de massa seca por hectare. Os dados provenientes das avaliações foram submetidos à análise de regressão e as médias comparadas com o teste de Tukey a um nível de significância de 5%.

De acordo com a análise de variância, houve efeito significativo da interação entre os tratamentos (arranjos) e época de avaliação (dias após a semeadura) para as variáveis produtividade de massa seca de feijão guandu e produtividade de massa seca de colmo de milho (Tabela 1).

As curvas de regressão relativas ao acúmulo de massa seca das diferentes espécies e de particionamento do milho nas diferentes avaliações podem ser observadas na Figura 1. A *Brachiaria* solteira (tratamento "B") apresentou produtividade média de 11.822kg ha<sup>-1</sup>, superior aos demais tratamentos (Tabela 2). Ao ser cultivada com milho, a produtividade média da *Brachiaria* foi de 1.820kg ha<sup>-1</sup> para o tratamento "MB" e 2.172kg ha<sup>-1</sup> para o tratamento "MGB", valores estatisticamente iguais, de modo que não houve influência do feijão guandu sobre a produtividade da *Brachiaria*.

O feijão guandu solteiro (tratamento "G") atingiu produtividade de 10.399kg ha<sup>-1</sup> aos 160 dias após a semeadura (Tabela 2). Quando cultivado com o milho (tratamentos "MG" e "MGB"), a massa seca do feijão guandu foi reduzida em relação ao tratamento "G" aos 97, 118 e 160 dias após a semeadura. Esse fato pode ter sido ocasionado principalmente pela menor população de plantas de feijão guandu nesses tratamentos e a competição interespecífica entre as duas espécies. Oliveira et al. (2010), ao utilizarem o consórcio equivalente ao tratamento "MGB", obtiveram produtividades menores da leguminosa (280kg

Tabela 1. Quadrados médios da análise de variância da produtividade de massa seca das variáveis *Brachiaria*, feijão guandu, colmo, espiga, folha e total de milho cultivados em consórcio no município de Concórdia na safra 2018/2019

Table 1. Mean squares of the analysis of variance of dry mass yield of the variables *Brachiaria*, pigeon pea, stalk, ear, leaf and total corn cultivated in intercropping in the municipality of Concórdia in the 2018/2019 season

Fonte de variação	Quadrados médios					
	<i>Brachiaria</i>	Feijão guandu	Colmo	Espiga	Folha	Total milho
Arranjo (A)	515,4 x 10 <sup>6</sup> *	109,4 x 10 <sup>6</sup> *	22,7 x 10 <sup>6</sup> *	65,5 x 10 <sup>6</sup> *	20,9 x 10 <sup>6</sup> *	291,0 x 10 <sup>6</sup> *
Bloco (B)	5,7 x 10 <sup>6</sup> *	2,6 x 10 <sup>6</sup> ns	1,3 x 10 <sup>6</sup> ns	0,6 x 10 <sup>6</sup> ns	0,9 x 10 <sup>6</sup> ns	5,9 x 10 <sup>6</sup> ns
Erro 1	6,7 x 10 <sup>6</sup>	23,7 x 10 <sup>6</sup>	0,7 x 10 <sup>6</sup>	12,9 x 10 <sup>6</sup>	7,4 x 10 <sup>6</sup>	34,0 x 10 <sup>6</sup>
Dias (D)	8,6 x 10 <sup>6</sup> *	37,7 x 10 <sup>6</sup> *	56,9 x 10 <sup>6</sup> *	87,0 x 10 <sup>6</sup> *	17,5 x 10 <sup>6</sup> *	231,6 x 10 <sup>6</sup> *
A x D	2,0 x 10 <sup>6</sup> ns	13,0 x 10 <sup>6</sup> *	2,3 x 10 <sup>6</sup> *	3,7 x 10 <sup>6</sup> ns	0,6 x 10 <sup>6</sup> ns	9,3 x 10 <sup>6</sup> ns
Erro 2	25,3 x 10 <sup>6</sup>	58,2 x 10 <sup>6</sup>	36,9 x 10 <sup>6</sup>	93,7 x 10 <sup>6</sup>	33,9 x 10 <sup>6</sup>	222,5 x 10 <sup>6</sup>

\* Significativo (F < 0,05); ns Não significativo (F > 0,05).

\* Significant (F < 0.05); ns Not significant (F > 0.05).

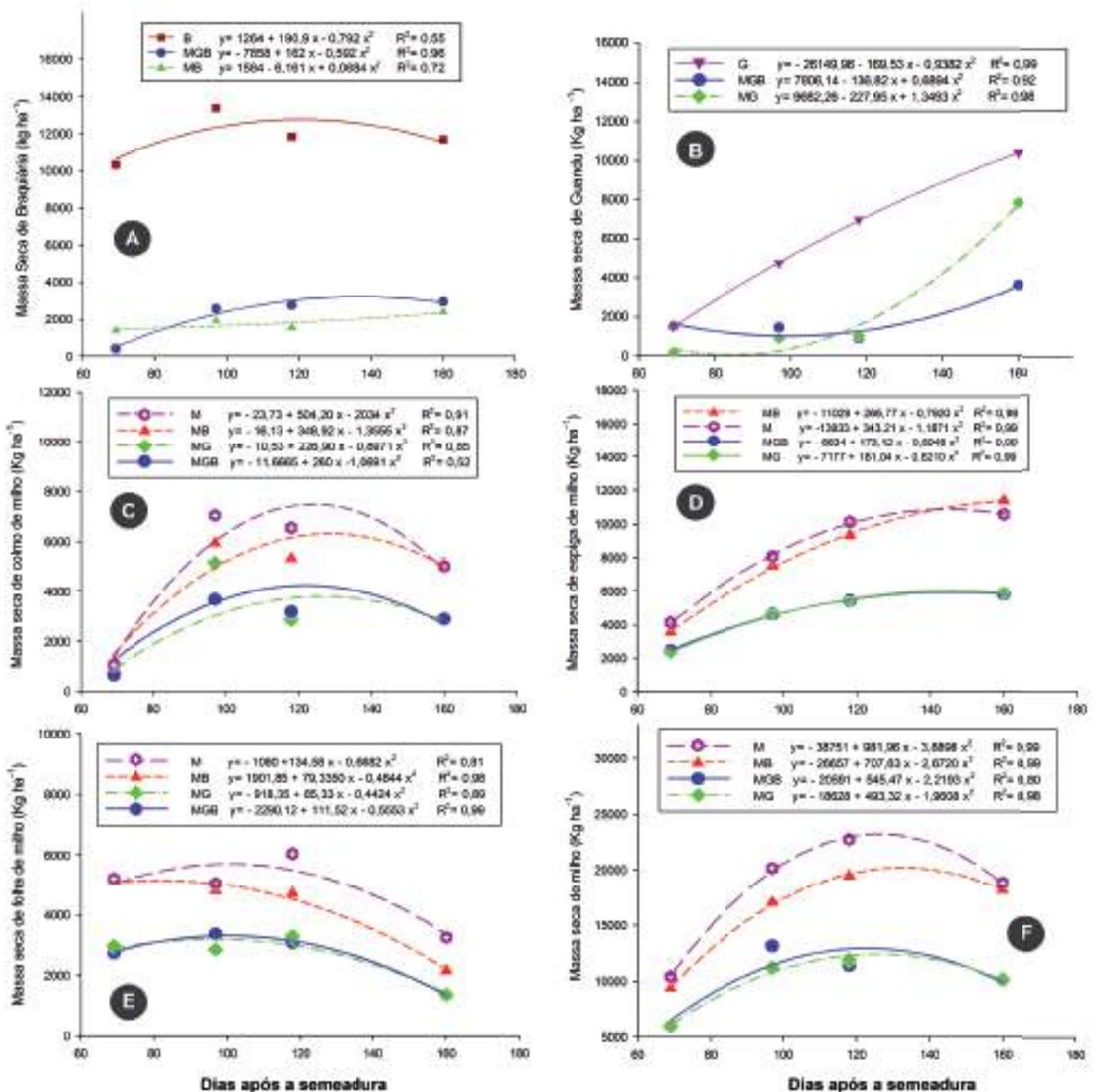


Figura 1. Curvas de regressão relativas ao acúmulo de massa seca de Brachiaria (A), feijão guandu (B), colmo (C), espigas (D), folhas (E) e total de milho (F) cultivados em consórcio no município de Concórdia na safra 2018/2019. Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

Figure 1. Regression curves for dry mass accumulation of Brachiaria (A), pigeon pea (B), stalk (C), ears (D), leaves (E) and total corn (F) cultivated in intercropping in the municipality of Concórdia in the 2018/2019 season. Means followed by the same letter vertically do not differ by the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ).

ha<sup>-1</sup>), onde o estabelecimento inicial lento foi a causa da baixa produtividade.

Ao longo do ciclo do milho, as plantas de *Brachiaria* não influenciaram a produtividade de massa seca de espiga, folha e total de milho entre os tratamentos “MB” e “M” e entre os tratamentos “MGB” e “MG” (Tabela 2). Assim, quan-

do avaliada a massa seca de espiga, o tratamento “MB” apresentou produtividade média de 7.951kg ha<sup>-1</sup>, produtividade estatisticamente igual à encontrada para o tratamento “M” (8.228kg ha<sup>-1</sup>). Da mesma forma ocorreu entre os tratamentos “MGB” e “MG”, com produtividade média respectiva de 4.599kg

ha<sup>-1</sup> e 4.582kg ha<sup>-1</sup> para a mesma característica. Para Leonel et al. (2009) também não houve influência da *Brachiaria* sobre a produtividade e massa seca total do milho, indicando bom potencial da espécie forrageira para o plantio consorciado com milho.

A produtividade de massa seca de

Tabela 2. Resultados de produtividade de massa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de *Brachiaria*, feijão guandu, colmo, espiga, folha e total de milho cultivados em consórcio no município de Concórdia na safra 2018/2019

Table 2. Results of dry mass yield ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) of *Brachiaria*, pigeon pea, stalk, ear, leaf and total corn cultivated in intercropping in the municipality of Concórdia in the 2018/2019 season

Variável	Tratamento	Produtividade de massa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ )			
		69 dias*	97 dias*	118 dias*	160 dias*
<i>Brachiaria</i>	B		11.822 a		
	MB		1.820 b		
	MGB		2.172 b		
Feijão guandu	G	1.503 ns	4.754 a	6.963 a	10.399 a
	MG	189	900 b	1.027 b	7.849 b
	MGB	1.52	1.451 b	892 b	3.629 b
Colmo	M	1.037 ns	7.047 a	6.554 a	5.006 a
	MB	1.198	5.953 a	5.318 a	5.149 a
	MG	661	3.691 b	3.193 b	2.907 b
	MGB	771	5.153 ab	2.869 b	2.938 b
Espiga	M		8.228 a		
	MB		7.951 a		
	MG		4.582 b		
	MGB		4.599 b		
Folha	M		4.887 a		
	MB		4.206 a		
	MG		2.615 b		
	MGB		2.635 b		
Total milho	M		18.032 a		
	MB		16.561 a		
	MG		9.811 b		
	MGB		10.166 b		

\* Médias seguidas das mesmas letras dentro de cada variável nas colunas não diferem significativamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\* Means followed by the same letters within each variable in the columns do not differ significantly from each other by Tukey's test at 5% probability.

colmo não diferiu estatisticamente entre os tratamentos "M" e "MB" e entre "MG" e "MGB" aos 118 e 160 dias (Tabela 2). Isso também indica que não houve efeito da *Brachiaria* sobre a cultura do milho nesse período, corroborando com os resultados anteriores.

Nos tratamentos contendo o feijão guandu (tratamentos "MG" e "MGB") as produtividades de massa seca de espiga, folha e total de milho foram estatisticamente menores em comparação com os tratamentos onde não houve a presença de feijão guandu ("M" e "MB") (Tabela 2). Essa diferença pode ser explicada pela menor densidade populacional do milho nesses arranjos, pois houve a substituição de metade das

linhas de milho por feijão guandu dentro da parcela. Quando consideradas as produtividades somadas de massa seca total de milho ( $9.811\text{kg ha}^{-1}$ ) e feijão guandu aos 160 dias ( $7.849\text{kg ha}^{-1}$ ) dentro do tratamento "MG", os valores foram próximos à produtividade do milho solteiro ( $18.032\text{kg ha}^{-1}$ ) e apresentaram, portanto, produtividades equivalentes de massa seca total no sistema.

Dessa forma, conclui-se que não há diferenças na produtividade de massa seca de espiga, folha e total de milho no cultivo consorciado com *B. ruziziensis*. O cultivo consorciado de milho e feijão guandu apresenta acúmulo total de massa seca no sistema equivalente ao cultivo do milho solteiro.

## Referências

CARVALHO, F.P.; SANTOS, J.B.; CURY, J.P.; SILVA, D.V.; BRAGA, R.R.; BYRRO, E.C.M. Alocação de matéria seca e capacidade competitiva de cultivares de milho com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.29, n.2, p.373-382, 2011.

EPAGRI/CEPA. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2018-2019**. Florianópolis: Epagri, 2019. 188 p.

LEONEL, F.D.P.; PEREIRA, J.C.; COSTA, M.G.; DE MARCO JÚNIOR, P.; SILVA, C.J.D.; LARA, L. Consórcio capim-braquiária e milho: comportamento produtivo das culturas e características nutricionais e qualitativas das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.1, p.166-176, 2009.

NUNES, H.V.; SILVA, I. de F. da; BRUNO, R. de L.A.; BARROS, D.I.; PEREIRA, W.E. Influência de sistemas de culturas, mucuna-preta e adubação mineral sobre a qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.28, n.3, p.6-12, 2006.

OLIVEIRA, J. R. **Integração lavoura pecuária: Procedimentos agrônômicos para uso de herbicidas no consórcio de milho e papuã**. 2013. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.

OLIVEIRA, P.D.; KLUTHCOUSKI, J., FAVARIN, J.L.; SANTOS, D.D.C. **Sistema Santa Brígida-Tecnologia Embrapa**: consorciação de milho com leguminosas. Santo Antônio de Goiás, 2010. 16p. (Circular Técnica, 88).

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M. D.; LIMA, R. C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.5, p.875-882, 2011.

RICHART, A.; PASLAUSKI, T.; NOZAKI, M. D. H.; RODRIGUES, C. M.; FEY, R. Desempenho do milho safrinha e da *Brachiaria ruziziensis* cv. Comum em consórcio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.5, n.4, p. 497-502, 2010.

SOARES, A. B., OLIVEIRA, J. R. ASSMANN, T. S., GLIENKE, C. L. Protocolo de cooperação na Integração Lavoura Pecuária para aumento da produtividade agrícola. In: VIDAL, R. (Org.) **Interações positivas entre plantas que aumentam a produtividade agrícola**. Porto Alegre: Evangraf, 2014, v., p.42-61.

# Bebedouro para abelhas - Tecnologia de baixo custo que melhora a eficiência produtiva das colônias

Tânia Patrícia Schafaschek<sup>1</sup> & André Amarildo Sezerino<sup>2</sup>

**Resumo** – A água é utilizada pelas abelhas no seu metabolismo e outras funções na colônia. Na ausência de fontes de água é fundamental a disponibilização de um bebedouro às abelhas. Neste trabalho apresentamos a confecção de um bebedouro e os resultados preliminares de avaliação da visitação para a coleta de água em um bebedouro instalado em um apiário e outro em um pomar cultivado sob telas antigranizo. Avaliaram-se o número de abelhas que chegavam ao bebedouro por minuto e o seu tempo de visitação. As abelhas visitaram os bebedouros de forma constante nos dois ambientes, inclusive em condições climáticas consideradas impróprias para voo e forrageamento, o que demonstra a necessidade de água para a colônia. A instalação do bebedouro nos pomares pode ser uma opção para melhorar a permanência das abelhas sob a tela antigranizo, bem como evitar que elas não consigam regressar ao saírem em busca de água.

**Termos para indexação:** *Apis mellifera* L.; Coleta de água; Sanidade apícola.

## Honeybee waterer - Low-cost technology that improves the productive efficiency of the colonies

**Abstract** – Water is used by bees for their metabolism and other functions in the colony. In the absence of water sources, it is essential to provide bees with a water station. In this paper we present the construction of a waterer and the preliminary results of the evaluation of the visitation for water collection in a waterer installed in an apiary and another one in an orchard cultivated under anti-hail screens. The number of bees arriving at the waterer per minute and their visitation time was evaluated. The bees visited the waterer constantly, in both environments, even in weather conditions considered inappropriate for flight and foraging, which shows the need for water for the colony. The installation of water stations in the orchards may be an option to improve the permanence of the bees under the anti-hail screens and to preventing that when they leave in search of water they cannot return.

**Index terms:** *Apis mellifera* L.; Water collection; Bee health.

A água é utilizada no metabolismo das abelhas, na manutenção da temperatura corpórea e também para a diluição de mel estocado e regulação da umidade do ninho (ELLIS et al., 2008; HUMAN et al., 2006). As abelhas não estocam água nos favos, necessitando coletar diariamente conforme a demanda e podem voar até 2km em busca desse recurso. A energia utilizada pelas abelhas durante o voo para coleta de água é proveniente de sua reserva corpórea, limitando a coleta a um raio de poucos quilômetros da colônia (VISSCHER et al., 1996).

Na ausência de uma fonte natural de água nas proximidades do apiário, é fundamental a disponibilização de um bebedouro estrategicamente localizado, facilitando assim o acesso das abelhas. A seguir descrevemos a confecção

de um bebedouro para o fornecimento de água nos apiários e os resultados preliminares da avaliação da visitação de abelhas.

O bebedouro é composto por uma bombona de polietileno de alta densidade e alto peso molecular (PEAD) com capacidade de armazenamento de 50 litros de água com tampa roscável e um tubo de PVC 100mm com corte na parte superior. Na parte inferior da tampa da bombona utiliza-se um adaptador roscável e soldável de 25mm (Figura 1A), anexando na sequência um cano de PVC 25mm com medida aproximada de 40cm. Na outra extremidade do cano de PVC 25mm é anexado um joelho 90° soldável/roscável 25mm, um redutor 20mm e um engate flexível de 20mm (Figura 1B), o qual é conectado a outro adaptador com flange roscável,

fixado no tubo de PVC 100mm (Figura 1D). Neste tubo é feito um corte na parte superior e as extremidades são vedadas com CAPS PVC 100mm (Figura 1C). Na extremidade onde há a conexão com o cano proveniente do reservatório de água, é deixado um espaço vazio e instalado uma torneira de boia ½ (Figura 1E). O interior do tubo é então preenchido com areia lavada (Figura 1F). A instalação deve ser realizada em um local de fácil localização pelas abelhas no apiário, devendo ficar bem nivelado para o seu correto funcionamento (Figura 1G).

Avaliou-se o comportamento de coleta de água pelas abelhas em dois bebedouros, sendo um instalado em um apiário e outro em um pomar de ameixa cultivado sob telas antigranizo. Foram avaliados o número de abelhas que chegavam ao bebedouro por minuto e

Submetido em 05/10/2021. Aceito para publicação em 23/06/2022.

<https://doi.org/10.52945/rac.v35i2.1336>

<sup>1</sup> Engenheira-agrônoma, Dra., Epagri/Estação Experimental de Videira. Rua João Zardo, 1660, 89564-506 Videira, SC, fone: (49) 3533-5600, e-mail: tania@epagri.sc.gov.br

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Estação Experimental de Caçador. Caçador SC, fone: (49) 3561-6800, e-mail: andresezerino@epagri.sc.gov.br



Figura 1. Detalhamento da estrutura do bebedouro para abelhas. A) Detalhe da conexão da saída de água do reservatório. B) Adaptação de cano de PVC 25mm no reservatório e na sequencia joelho 90° soldável/roscável 25mm, redutor 20mm e engate flexível 20mm. C) Cano de 100mm com as extremidades vedadas com caps e corte transversal na parte superior. D) Adaptação com flange para entrada da água. E) Torneira de boia 1/2 para regular a entrada de água no bebedouro. F) Preenchimento com areia lavada. G) Bebedouro completo, instalado em apiário

Fotos: Tânia Patrícia Schafaschek

Figure 1. Detail of the structure of the bee water station. A) Detail of the reservoir water outlet connection. B) Adaptation of a 25mm PVC pipe to the reservoir and then a 25mm weldable/threadable 90° elbow, a 20mm reducer, and a 20mm flexible coupling. C) 100mm pipe with the ends sealed with caps and transversal cut in the upper part. D) Adaptation with flange for water inlet. E) Stopcock 1/2 to regulate the entrance of water in the waterer. F) Filling with washed sand. G) Complete water station, installed in the apiary

Photos: Tânia Patrícia Schafaschek

o seu tempo de visitação. A contabilização da chegada de abelhas ao bebedouro foi feita cronometrando-se 1 minuto e contando quantas abelhas chegavam neste intervalo de tempo, por meio de observações naturalísticas, a olho nu, sendo realizadas 10 repetições em cada horário avaliado. O tempo de visitação

ao bebedouro por abelha foi contabilizado com auxílio de um cronômetro, onde foram observadas 10 abelhas no intervalo de tempo de 1 hora. Os horários para observação foram definidos de maneira que se obtivessem informações da coleta de água pelas abelhas no período de maior atividade forrageira das

mesmas nos dois ambientes avaliados (Tabelas 1 e 2). Foram contabilizadas as abelhas que pousavam no bebedouro e coletavam água, o que era verificado quando elas expunham a sua probóscide, mantendo-a em contato com a superfície úmida do bebedouro.

Foram obtidos dados climáticos de temperatura e umidade relativa do ar por meio de datalogger AKSO, modelo AK 173, para o bebedouro instalado no pomar e fornecido pela Epagri/Ciram por meio dos registros da estação meteorológica localizada no campo experimental da Estação Experimental de Videira, a aproximadamente 700 metros do apiário onde o bebedouro estava instalado.

As abelhas visitaram o bebedouro de forma constante, inclusive em condições climáticas consideradas impróprias para voo e forrageamento, ou seja, com temperatura inferior a 10°C (ALVES et al., 2015) e ocorrência de garoa. Isto demonstra a necessidade de água, seja na manutenção da umidade da colmeia ou na diluição de alimentos concentrados armazenados, sendo este último essencialmente importante no período de inverno, quando as abelhas passam a consumir as reservas de alimento estocadas na colmeia. Neste período também ocorrem temperaturas mais baixas que dificultam o voo das abelhas a longas distâncias, enfatizando assim a necessidade da disponibilização de uma fonte de água o mais próximo possível das colmeias.

A atividade forrageira das abelhas para a coleta de néctar e pólen é condicionada pelos fatores climáticos. Esta inicia com temperaturas em torno de 15°C (MALERBO-SOUZA & SILVA, 2011) aumentando progressivamente até 19°C, temperatura em que atingem estabilidade. Com temperaturas entre 12 e 14°C, o voo é diminuído e ocorre apenas se o dia estiver ensolarado (FREE, 1993). Com temperatura inferior a 10°C as abelhas cessam a atividade de voo (ALVES et al., 2015). Quanto à coleta de água, as abelhas apresentam uma estratégia térmica flexível que permite a coleta em condições ambientais extremamente variáveis. Dessa forma, as abelhas são capazes de compensar perdas extremas de calor em baixas temperaturas e prevenir um superaquecimen-

to em altas temperaturas do ambiente (KOVAC et al., 2010).

Na avaliação da visitação no bebedouro instalado no apiário verificou-se que, no período da manhã, mesmo com temperatura baixa (4,2°C), havia movimento de abelhas (Tabela 1). Neste horário o bebedouro estava em pleno sol. Na parte da tarde às 16h30min, com o bebedouro totalmente sombreado, não foi verificada visitação de abelhas, que possivelmente fica limitada em função da baixa temperatura (8,6°C) (Tabela 1).

Como foi observado nesse estudo, há a necessidade de coleta mesmo em condições climáticas não adequadas ao voo e forrageamento. Por isso, a disponibilização de água potável no apiário é uma forma de facilitar o acesso das abelhas.

A instalação do bebedouro nos pomares é fundamental para oferecer uma fonte de água às abelhas das colmeias destinadas à polinização, pois melhora a permanência das abelhas sob a tela antigranizo e evita que, ao saírem em busca de água, não consigam regressar.

## Referências

ALVES, L.H.S.; CASSINO, P.C.R.; PREZOTO, F. Effects of abiotic factors on the foraging activity of *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 in inflorescences of *Vernonia polyanthes* Less (Asteraceae). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v.37, p.405, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v37i4.27463>.

ELLIS, M.B.; NICOLSON, S.W.; CREWE, R.M.; DIETEMANN, V. Hygropreference and brood care in the honeybee (*Apis mellifera*). *Journal of Insect Physiology*, v.54, p.1516–1521, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2008.08.011>.

FREE, J.B. *Insect pollination of crops*. London: Academic Press, 1993. 684p.

HUMAN, H.; NICOLSON, S.W.; DIETEMANN, V. Do honeybees, *Apis mellifera scutellata*, regulate humidity in their nest? *Naturwissenschaften*, v.93, p.397–401, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00114-006-0117-y>.

KOVAC, H.; STABENTHEINER, A.; SCHMARRANZER, S. Thermoregulation of water foraging honeybees – balancing of endothermic activity with radiative heat gain and functional requirements. *Journal of Insect Physiology*, v.56, p.1834–1845, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2010.08.002>.

Tabela 1. Número médio de abelhas que visitaram o bebedouro por minuto e tempo médio de duração de cada visita para coleta de água em bebedouro instalado em apiário, localizado na Estação Experimental de Videira, Videira, SC e dados climáticos no mês de julho de 2021

Table 1. Average number of bees that visited the waterer per minute and average duration time of each visit for water collection in a waterer installed in an apiary located at the Experimental Station of Videira, Videira, SC and weather data in the month of July 2021

Data	Horário	Número médio de abelhas min <sup>-1</sup>	Tempo médio de visitação (segundos)	Temperatura (°C)	Umidade (%)
05/07/2021	10h30	4,20	87,40	14,25	79,56
	14h30	11,30	67,10	19,90	56,33
	16h30	8,80	48,00	20,18	56,39
07/07/2021	10h30	2,20	64,20	14,26	75,13
	14h30	18,20	62,10	16,76	64,48
	16h30	13,60	62,70	17,72	57,88
29/07/2021	10h30	2,00	15,80	4,18	58,58
	14h30	7,30	64,00	7,41	51,79
	16h30	*	*	8,59	48,51

\*Não foi observado movimento de abelha.

Tabela 2. Número de abelhas por minuto e tempo médio de visitação para coleta de água em bebedouro instalado em pomar de ameixa cv. Fortune sob tela antigranizo e dados climáticos, no município de Videira, SC, nas safras de 2017, 2019 e 2021

Table 2. Number of bees per minute and average visitation time for water collection in a waterer installed in a plum orchard cv Fortune under anti-hail screens and weather data in the municipality of Videira, SC, in the 2017, 2019 and 2021 harvests

Data	Horário	Número médio de abelhas min <sup>-1</sup>	Tempo médio de visitação (segundos)	Temperatura (°C)	Umidade (%)
24/08/2017	14h30	1,00	38,00	28,30	38,00
25/08/2017	14h30	2,75	48,75	27,20	30,00
29/08/2017	15h00	3,60	43,80	33,60	31,00
09/09/2019	14h30	8,00	*	35,20	25,60
23/08/2021	10h00	10,50	65,11	22,40	54,50
27/08/2021	14h45	3,86	50,71	20,90	59,30

\*Dados não coletados.

logy, v.56, p.1834–1845, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2010.08.002>.

MALERBO-SOUZA, D. T.; SILVA, F. A. S. Comportamento forrageiro da abelha africanizada *Apis mellifera* L. no decorrer do ano. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v.33, n.2, p.183-190, 2011. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i2.9252>.

org/10.4025/actascianimsci.v33i2.9252.

VISSCHER, P.K.; CRAILSHEIM, K.; SHERMAN, G. How do honey bees (*Apis mellifera*) fuel their water foraging flights? *Journal of Insect Physiology*, v.42, n.11-12, p.1089-1094, 1996.

# Evolução do consumo hídrico do morangueiro em cultivo com substrato

Anderson Fernando Wamser<sup>1</sup> & Janice Valmorbida<sup>2</sup>

**Resumo** – O objetivo do presente trabalho foi avaliar a evolução do consumo hídrico do morangueiro cv. Albion no primeiro ciclo cultivado em três substratos comerciais. O experimento foi conduzido em Caçador, SC, em ambiente protegido. Os tratamentos consistiram em três substratos comerciais com quatro repetições. Foram avaliados o consumo hídrico diário das plantas de morangueiro por meio da subtração do volume diário de solução nutritiva aplicada e o volume diário de solução nutritiva drenada. A eficiência do uso da água foi obtida pela relação entre a produção de frutas e o consumo hídrico total durante o ciclo de cultivo. O maior consumo hídrico total foi obtido com dois substratos testados, com um consumo médio, durante a plena colheita de frutas, de 267,7 e 259,6 mL planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. O consumo hídrico diário durante o período de colheita não é constante, devido à inconstância das condições climáticas, típica da região de Caçador. Este fato dificulta o uso de frequência e tempos de irrigação fixos, acarretando muitas vezes em irrigações excessivas ou deficitárias.

**Termos para indexação:** *Fragaria x Ananassa* Duch.; Substrato; Drenagem; Fertirrigação; Solução nutritiva.

## Evolution of strawberry water consumption in soilless culture

**Abstract** – The objective of the present work was to evaluate the evolution of the water consumption of the strawberry cv. Albion in the first cycle cultivated in three commercial substrates. The experiment was carried out in Caçador, SC, in a protected environment. The treatments consisted of three commercial substrates with four replications. The daily water consumption of strawberry plants was evaluated by subtracting the daily volume of nutrient solution applied and the daily volume of nutrient solution drained. The water use efficiency was obtained from the relationship between fruit production and total water consumption during the crop cycle. The highest total water consumption was obtained with two substrates tested, with an average consumption, during full fruit harvest, of 267.7 and 259.6 mL plant<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>. The daily water consumption during the harvest period is not constant, due to the inconsistency of the climatic conditions, typical of the region of Caçador. This fact makes it difficult to use fixed irrigation frequency and times, often resulting in excessive or deficient irrigation.

**Index terms:** *Fragaria x Ananassa* Duch.; Substrate; Drainage; Fertigation; Nutrient solution.

O cultivo em substrato do morangueiro suspenso em bancadas tem sido amplamente adotado por muitos produtores tradicionais de morangueiro cultivado no solo, bem como por muitos produtores iniciantes nesta cultura (MARCHI et al., 2020). A grande aceitação deste sistema de cultivo pelos produtores se deve, principalmente, à humanização das condições de trabalho, bem como ao fato de constituir-se uma fonte de renda adicional e constante ao longo do ano.

O manejo da irrigação e da fertirrigação no cultivo em substrato que emprega substratos orgânicos exige maior exatidão na quantidade e no momento de fornecimento de água e de solução nutritiva às plantas (WAMSER, 2017).

Excessos de irrigação podem promover a lixiviação de grande parte dos nutrientes fornecidos às plantas pela fertirrigação. Da mesma forma, irrigações escassas podem rapidamente provocar estresses hídricos e salinos às plantas.

Estudos avaliando as necessidades hídricas do morangueiro cultivado em substratos são raros. Paralelamente, existem várias marcas de substratos orgânicos comercializados no Brasil que possuem as mais diversas composições de matérias-primas e atributos físicos e químicos. Estas diferenças nos substratos interferem no crescimento e na produção do morangueiro (MENEZES JÚNIOR, 2018) e, conseqüentemente, podem interferir nas exigências hídricas da cultura.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a evolução do consumo hídrico do morangueiro cv. Albion, no primeiro ciclo de produção e cultivado em três substratos comerciais.

O experimento foi conduzido em cultivo protegido tipo estufa, no município de Caçador, SC. A estufa possuía cobertura tipo arco, altura de pé-direito de 4 metros, coberta com filme plástico de 150 micras com fechamento lateral com tela Clarite® tipo 1003 branca.

Os tratamentos consistiram em três substratos comerciais: A) Agrinobre; B) Turfa Fértil; e C) Tecnomax. Os respectivos substratos apresentavam as respectivas características físico-químicas: condutividade elétrica (CE) = 0,5; 1,0; 0,8 dS m<sup>-1</sup>; pH = 5,5; 5,8; 5,6; densidade

Recebido em 21/03/2022. Aceito para publicação em 14/06/2022.

<https://doi.org/10.52945/rac.v35i2.1448>

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Estação Experimental de Caçador (EECd), C.P. 591, 89501-032 Caçador, SC, fone: (49) 3561-6828, e-mail: afwamser@epagri.gov.sc.br.

<sup>2</sup> Engenheira-agrônoma, Dra., Epagri/EECd, e-mail: janicevalmorbida@epagri.sc.gov.br.

em base seca (DS) = 160; 210; 360kg m<sup>-3</sup>, capacidade de retenção de água (CRA10) = 55; 60; 48%. O delineamento foi em blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por dois sacos de cultivo dispostos em fila dupla. O saco de cultivo possui 1,25m de comprimento. Em cada saco de cultivo foram transplantadas oito mudas de morangueiro no espaçamento linear entre plantas de 15cm, totalizando 16 plantas por parcela.

A solução nutritiva baseada na recomendação de Castellane & Araujo (1994) foi aplicada em todas as irrigações. A frequência e o tempo de cada fertirrigação foram variáveis, sendo determinados conforme a porcentagem de drenagem diária, estabelecendo-se como meta de 10 a 20% do volume de solução aplicado, seguindo as recomendações de Sanjuán & Urrestarazu (2004). Utilizaram-se botões gotejadores *on-line* com vazão de 16L h<sup>-1</sup> e quatro 'espaguetes' com respectivas estacas gotejadoras por botão gotejador, sendo uma estaca gotejadora por planta.

O volume de solução nutritiva aplicado diariamente foi determinado por meio de gotejadores controles. Estes gotejadores controles possuíam as mesmas especificações dos gotejadores *on-line*. As quatro estacas gotejadoras foram inseridas dentro de uma garrafa pet de cinco litros para coletar o volume da solução nutritiva aplicada (Figura 1A). O volume da solução nutritiva drenada foi coletado por canais de lona preta dispostos abaixo dos sacos de cultivo da parcela, coletando todo o volume drenado (Figura 1B). A drenagem coletada foi recolhida em baldes de sete litros. O consumo hídrico diário das plantas de morangueiro foi obtido por meio da subtração do volume diário de solução nutritiva aplicada e do volume diário de solução nutritiva drenada. A eficiência do uso da água (EUA) foi obtida por meio da relação entre a produção total de frutas e o consumo hídrico total da cultura.

Observa-se que, para todos os substratos, o início do crescimento do consumo hídrico diário ocorreu a partir dos 30 dias após o plantio (DAP), coincidindo com o início do florescimento e do crescimento das frutas (Figura 2A). Maiores diferenças entre os substratos



Figura 1. Garrafa PET coletora da solução nutritiva dos gotejadores controles (A) e balde coletor da solução nutritiva drenada (B)

Fotos: Anderson Fernando Wamser

Figure 1. PET bottle to collect the nutrient solution from the control drippers (A) and bucket to collect the drained nutrient solution (B)

Photos: Anderson Fernando Wamser

são observadas durante a plena colheita de frutos, sendo que, na média para este período, os substratos A e B apresentaram os maiores valores diários de consumo hídrico (Tabela 1). Verifica-se, também, neste período, enorme variação do consumo hídrico diário pelas plantas. Por exemplo, o consumo hídrico diário para o substrato A variou de 61 a 611mL planta<sup>-1</sup>. Esta variação se deve principalmente à variação climática típica da região de Caçador, representada pela radiação solar (Figura 1B), que altera o fluxo transpiratório da planta, aumentando ou reduzindo a demanda por água. Esta inconstância na demanda hídrica diária da cultura dificulta o manejo da irrigação utilizando frequência e tempos de irrigação fixos baseado na porcentagem de drenagem. É possível observar a porcentagem média de drenagem dos três substratos (Figura 3), existindo grande dificuldade em manter a porcentagem de drenagem entre 10 a 20%, conforme recomendação de Sanjuán & Urrestarazu (2004). Este fato exige que os produtores observem o volume drenado e corrijam frequentemente a quantidade de água/solução nutritiva aplicada às plantas. A integralização da radiação solar incidente é uma variável

utilizada para a determinação do momento das fertirrigações em cultivos em substrato de hortaliças em muitos países europeus, permitindo o controle mais preciso dos volumes de soluções nutritivas aplicadas e drenadas (SANJUÁN & URRESTARAZU, 2004).

O consumo hídrico total das plantas foi maior nos substratos A e B, confirmando que a diferença de crescimento das plantas proporcionada pelo tipo de substrato empregado (MENEZES JÚNIOR, 2018) interfere no consumo hídrico das mesmas.

O maior consumo hídrico total foi obtido com os substratos A e B, com um consumo médio, durante a plena colheita de frutos, de 267,7 e 259,6mL planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, respectivamente. O consumo hídrico diário durante o período de colheita não é constante, devido à inconstância das condições climáticas, típica da região de Caçador. A inconstância climática dificulta o uso de frequência e tempos de irrigação fixos, acarretando muitas vezes irrigações excessivas ou deficitárias.

## Agradecimentos

À Fapesc, pelo auxílio financeiro.

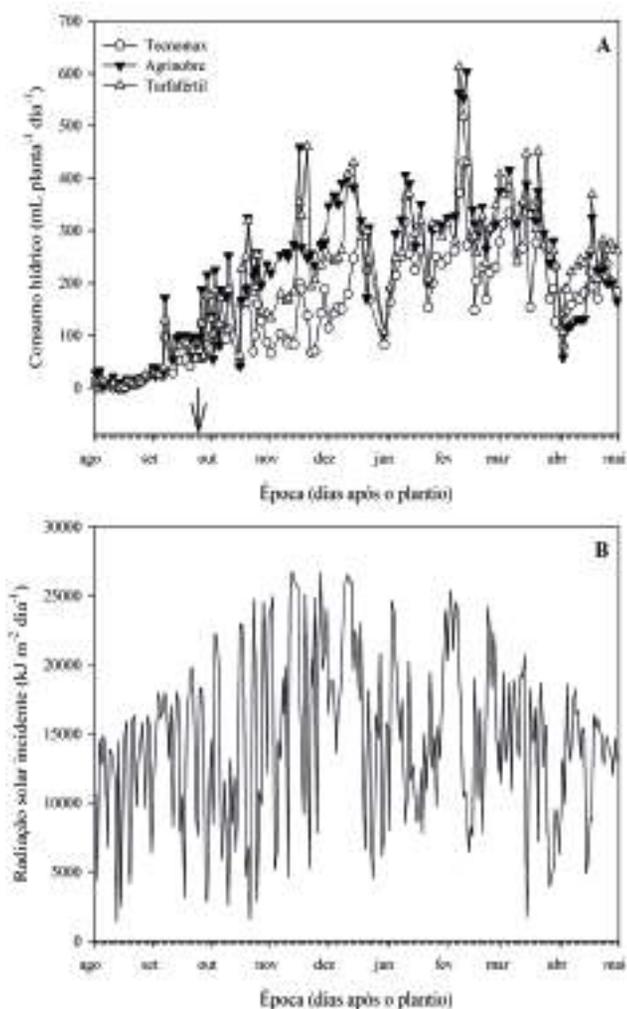


Figura 2. Consumo hídrico (A) e radiação solar incidente (B) durante o primeiro ciclo de cultivo em substrato do morangueiro cv. Albion, em função de três substratos em Caçador (SC) no período de Agosto/2017 a Maio/2018

Nota: a seta representa o início da colheita.

Figure 2. Water consumption (A) and incident solar radiation (B) during the first cultivation cycle in strawberry cv. Albion, as a function of three substrates in Caçador (SC) from August/2017 to May/2018

Note: arrow represents the beginning of the harvest.

Tabela 1. Consumo hídrico médio e eficiência do uso da água durante o primeiro ciclo de cultivo em substrato do morangueiro cv. Albion, em função de três substratos, em Caçador no período de Agosto/2017 a Maio/2018

Table 1. Average water consumption and water use efficiency during the first cultivation cycle in substrate of strawberry cv. Albion, as a function of three substrates, in Caçador (SC) from August/2017 to May/2018

Substrato	Consumo hídrico total			Consumo hídrico médio			Eficiência do uso da água
	Plantio – início da colheita	Colheita	Total	Plantio – início da colheita	Colheita	total	
	-- L planta <sup>-1</sup> período <sup>-1</sup> --			---- mL planta <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> ----			g L <sup>-1</sup>
Agrinobre - A*	3,3	56,4	59,7	53,5	267,7	219,6	14,8
Turfa Fértil - B*	2,6	54,8	57,4	43,5	259,6	211,2	13,3
Tecnomax - C*	1,9	39,4	41,3	31,8	186,5	151,8	18,2

\*As letras A, B e C substituem as denominações comerciais dos substratos testados na avaliação.

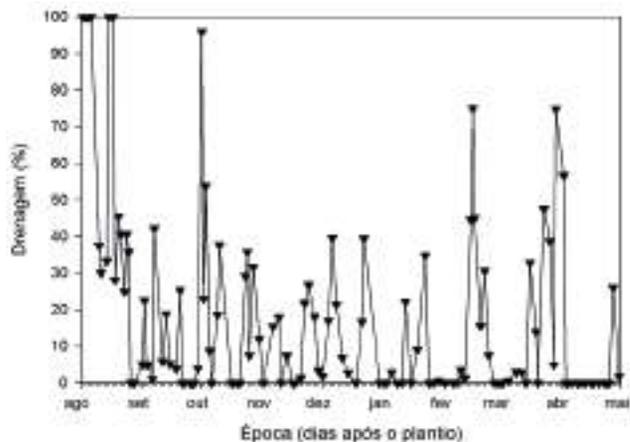


Figura 3. Porcentagem de drenagem obtida no cultivo do morangueiro em três diferentes substratos, em função do manejo da irrigação por tempo programável controlado pelo volume de drenagem em Caçador (SC) no período de Agosto/2017 a Maio/2018

Figure 3. Percentage of drainage obtained in strawberry cultivated in three different substrates, as a function of a timer irrigation management controlled by the drainage volume in Caçador (SC) from August/2017 to May/2018

## Referências

CASTELLANE, P.D.; ARAUJO, J.A.C. **Cultivo sem solo: hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 43p.

MARCHI, T.; FERRI, D.J.; SCHOLZ, C.M.; SOCCOL, J.J. Levantamento da produção de morangos no Oeste catarinense. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.33, n.3, p.33-36, 2020. DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v33i3.553>

MENEZES JÚNIOR, F.O.G.; VIEIRA NETO, J.; RESENDE, R.S. Produção de cultivares de morangueiro em sistema semi-hidropônico sob diferentes substratos e densidades populacionais. **Revista Thema**, Pelotas, v.15, n.1, p.79-92, 2018.

SANJUÁN, M.C.S.; URRESTARAZU, M. Métodos de riego y fertirrigación en cultivo sin suelo. In: URRESTARAZU, M. (Ed.). **Tratado de cultivo sin suelo**. Madri: Mundi-Prensa, 2004, p.161-237.

WAMSER, A.F. Sem solo. **Cultivar HF**, Pelotas, v.14, n.101, p.17-19, 2017.

# Análise fluidodinâmica computacional da eficiência de quebra-ventos artificiais em estufas tipo túnel

Matias Resende da Costa<sup>1</sup> & Júlio Cesar Leão<sup>2</sup>

**Resumo** – No cenário contemporâneo, o cultivo protegido por estufas é de grande importância para sanar as necessidades de alimento para uma população global crescente, ao proporcionar cultivos mais frequentes e fora de época. Um dos elementos essenciais para manter a integridade estrutural de uma estufa é o quebra-vento, capaz de mitigar ou até inibir eventuais danos de ventos fortes. No entanto, para que haja efetividade do quebra-vento, existem dois fatores relevantes: sua correta dimensão e posição, pois um quebra-vento mal projetado, além de gerar gasto desnecessário ao agricultor, será ineficiente no cumprimento do seu papel. Este estudo escolheu situar seu cenário no município catarinense de Antônio Carlos, polo regional da horticultura, onde há amplo uso de estufas plásticas para o cultivo protegido. Para análise, foram feitas simulações fluidodinâmicas computacionais (CFD), com uma estufa plástica tipo túnel e com quebra-ventos de diferentes dimensões e posições, com velocidades de vento baseadas na coleta de dados da região. Os resultados obtidos expuseram a relevância da implantação destas estruturas, alcançando redução em até 40% na velocidade dos ventos.

**Termos para indexação:** Cultivo protegido; Estufas agrícolas; Simulação fluidodinâmica.

## Computational fluid dynamics analysis of artificial windbreaks efficiency in tunnel greenhouses

**Abstract** – In the contemporary scenario, protected cultivation by greenhouses is very important to meet the needs of food for an increasing global population, by providing more frequent and out of time crops. One of the essential elements to keep the structural integrity of a greenhouse is the windbreak, capable of mitigate or even inhibit eventual damages from strong winds. However, for an effective windbreak, there are two relevant factors: Its correct size and position, because a poorly projected windbreak, besides leading to unnecessary spent to the farmer, will be inefficient in its function fulfilment. This study chose to situate its scenario in a regional pole of horticulture, where there is a wide use of plastic greenhouses for protected cultivation in Antônio Carlos County, in Santa Catarina, Brazil. For analysis, there were made computational fluid dynamics (CFD) simulations, with a tunnel greenhouse and windbreaks of different sizes and positions, with wind speeds based on local data collection. The results obtained shown the relevance of these structures, reaching wind speeds reductions up to 40%.

**Index terms:** Protected cultivation; Greenhouse farming; Fluid dynamics simulation.

A área global sob horticultura protegida por estufas supre uma fatia expressiva do mercado mundial, estimada em 497 mil ha, o que representa aproximadamente 9% de todo cultivo protegido (HICKMAN, 2019). Quebra-ventos são utilizados na agricultura para fins de controle e proteção do plantio, classificados como naturais, fazendo uso da própria vegetação, ou artificiais, comercializados na forma de lonas ou telas. Seu principal objetivo é reduzir a velocidade média do vento na região de cultivo. No passado, a sua implantação e o dimensionamento se baseavam no conhecimento adquirido com a prática, mas nos últimos anos,

com o avanço da tecnologia, pesquisas usando métodos computacionais vêm auxiliando um uso mais eficiente destes recursos (TAKLE, 2005). As estufas plásticas desprotegidas ficam vulneráveis a ventanias, ocasionando danos na lona plástica, destruição do cultivo e até eventual comprometimento da estrutura da estufa em casos severos (DILARA & BRIASSOULIS, 2000). Em virtude das mudanças climáticas, quebra-ventos se mostrarão elementos cada vez mais relevantes no meio agrícola, dado o aquecimento global em ritmo acelerado, eventos meteorológicos como ciclones e furacões serão mais comuns no futuro (GFDL, 2021).

As imagens de satélite das regiões de cultivo do município de Antônio Carlos revelaram pouco uso de quebra-ventos artificiais. Desta forma, este trabalho pode fornecer sugestões à comunidade, tanto para projetos agrícolas futuros, quanto para proteção de estufas plásticas já existentes. A escolha das velocidades dos ventos para simulação contou com a coleta de dados anemométricos da região. A estação meteorológica mais próxima do município é a SONDA (INPE, 2018), localizada em Florianópolis. Foram utilizadas as medições feitas no período de um ano, escolhendo-se o de 2018, o último ano disponibilizado com leitura completa de todos os

Recebido em 07/04/2022. Aceito para publicação em 27/06/2022.

<https://doi.org/10.52945/rac.v35i2.1454>

<sup>1</sup> Acadêmico Matias Resende da Costa, Univali, Universidade do Vale do Itajaí, campus Itajaí, telefone: (47) 9 9692-5642, e-mail: mmatihisars@gmail.com. ORCID: 0000-0001-7046-7018.

<sup>2</sup> Agrônomo, M.Sc. Júlio Cesar Leão, Univali, campus Itajaí, telefone: (47) 9 9610-2648, e-mail: julio.leao@univali.br. ORCID: 0000-0001-5897-4236.

meses. Ao todo, foram computados 521.720 registros.

Observou-se que as maiores velocidades de vento provêm predominantemente do sentido sul, sendo esta, portanto, a orientação escolhida para a simulação. Quanto às velocidades, fo-

ram selecionadas a máxima registrada,  $16,8\text{ m s}^{-1}$  ( $60,5\text{ km h}^{-1}$ ), e a média das máximas,  $8,0\text{ m s}^{-1}$  ( $28,8\text{ km h}^{-1}$ ). Em Antônio Carlos foi verificada a abundância de dois modelos de estufas plásticas: em túnel e em arco. Para as simulações, foi escolhido o modelo em túnel, como

demonstrado na Figura 2 (A). Quanto a sua orientação, a estufa foi disposta longitudinalmente norte-sul, de acordo com o encontrado em maior predominância na região, vide Figura 2 (B).

O modelo virtual da estufa túnel possui 15m de comprimento e 4m de largura, com altura e raio de curvatura de 2m. A lona plástica recobre a estrutura, não alcançando até o chão, deixando as extremidades laterais livres para circulação do ar. A Figura 3 ilustra o modelo elaborado.

As simulações utilizaram quebra-ventos de lona plástica, dispostos paralelamente à face sul das estufas, centralizados, a fim de inibir os ventos provenientes deste sentido. A posição e a dimensão dos quebra-ventos levaram em conta o tamanho característico da estufa. Sejam  $L_Q$  e  $A_Q$  a largura e altura dos quebra-ventos,  $D$  a distância entre a estufa e o quebra-vento e  $L_E$ ,  $A_E$  e  $C_E$  a largura, altura e comprimento das estufas plásticas, respectivamente, tal que  $L_Q = L_E + \%C_E$ ,  $A_Q = A_E + \%C_E$  e  $D = \%C_E$ . Dois quebra-ventos foram dimensionados e duas distâncias  $D$  foram escolhidas. Além disso, para comparação, foram simuladas estufas sem proteção, totalizando 10 cenários diferentes, considerando as duas velocidades de vento já mencionados. A Tabela 1 enumera as combinações dos ensaios.

As fortes rajadas de vento próximas à superfície da estufa propiciam gran-

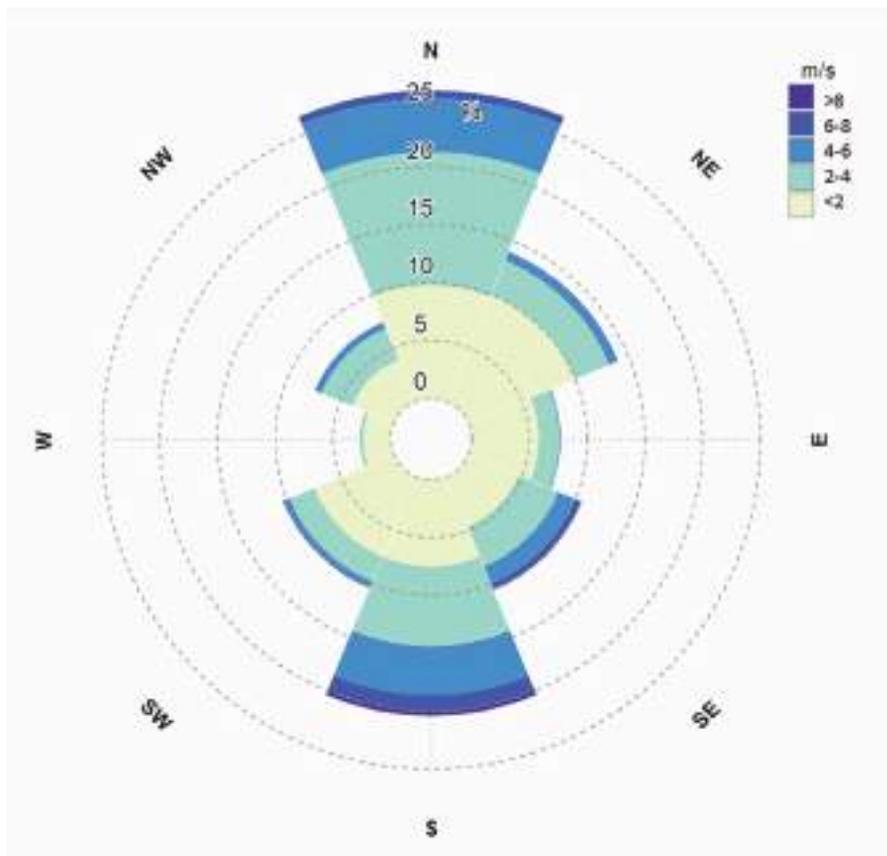


Figura 1. Direção dos ventos elaborada a partir das leituras da Sonda de Florianópolis em 2018

Figure 1. Wind direction based on Florianópolis Sonda data from 2018

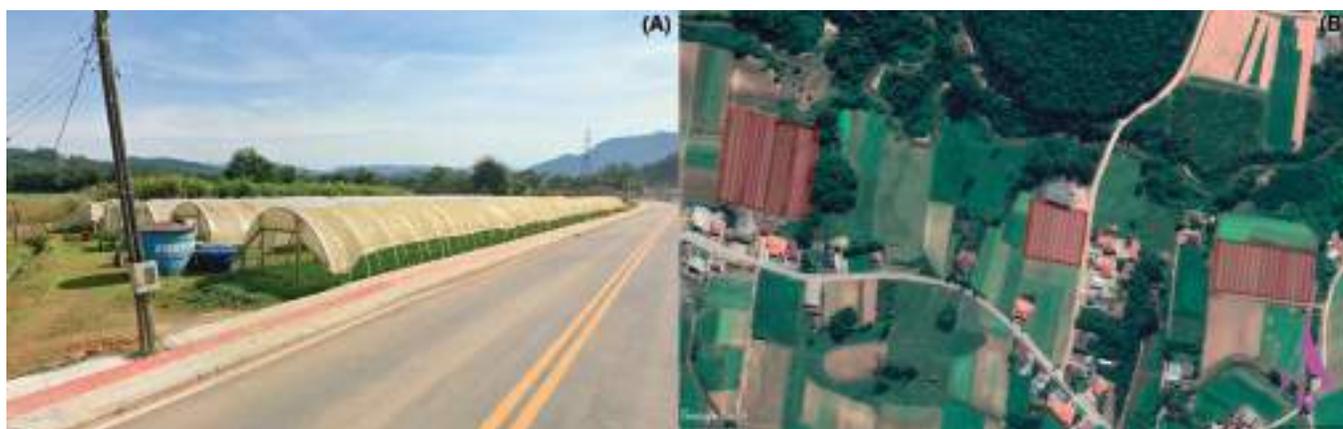


Figura 2. Estufas tipo túnel em Antônio Carlos (A). Estufas demarcadas em vermelho na imagem de satélite com orientação longitudinal norte-sul (B)

Figure 2. Tunnel style greenhouses in Antônio Carlos (A). Greenhouses demarcated in red in satellite image with north-south longitudinal orientation (B)

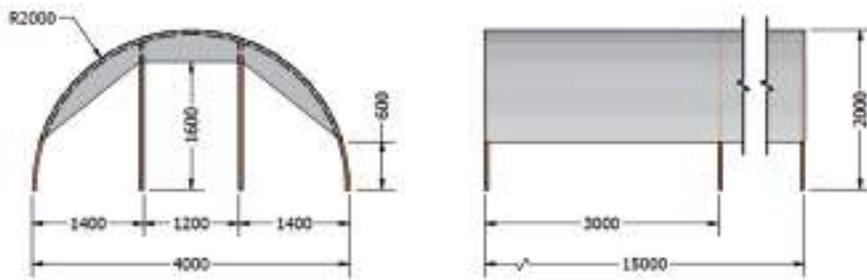


Figura 3. Desenho esquemático de estufa plástica tipo túnel  
 Figure 3. Schematic drawing of tunnel style plastic greenhouse

Tabela 1. Combinações dos parâmetros escolhidos para cada ensaio  
 Table 1. Parameter combination chosen to each test

Ensaio	Perfil de vel. [ms <sup>-1</sup> ]	Quebra vento		D [m]
		LQ [m]	AQ [m]	
E1		-	-	-
E2		5,50	2,00	4,50 (+30% CE)
E3	8,00	(+10% CE)	(+0% CE)	6,00 (+40% CE)
E4		7,00	2,75	4,50 (+30% CE)
E5		(+20% CE)	(+5% CE)	6,00 (+40% CE)
E6		-	-	-
E7		5,50	2,00	4,50 (+30% CE)
E8	16,80	(+10% CE)	(+0% CE)	6,00 (+40% CE)
E9		7,00	2,75	4,50 (+30% CE)
E10		(+20% CE)	(+5% CE)	6,00 (+40% CE)

de arrasto aerodinâmico e vibrações, os quais induzem estresse mecânico à lona plástica, com potencial para criar rasgos (DOUGKA & BRIASSOULIS, 2020). Logo, reduzir a força do vento próximo à estufa minimizará estragos. A fim de mensurar estes fatores, a velocidade e a pressão estática foram aferidas do lado externo, próximo à superfície de lona plástica, imediatamente acima da camada limite, em duas regiões: ao longo do topo e ao longo da lateral da estufa.

Após as simulações, os resultados constataram reduções até acima de 40% nas velocidades do vento através da adição de quebra-ventos. Os ensaios com o quebra-vento maior (2,75 x 7,00m) obtiveram redução média dos ventos de 39,6%, enquanto os ensaios com o

quebra-vento menor (2,00 x 5,50m) alcançaram redução média de 20,7%. Na Figura 4, apresentam-se os gráficos com os resultados de cada ensaio da Tabela 1.

Nas Figuras 4(A) e 4(B), a curva de velocidade é mais atenuada nos ensaios em que é usado o quebra-vento maior (2,75 x 7,00m) ou em que a distância entre o quebra-vento e a estufa é menor (4,50m). Um detalhe marcante é o pequeno incremento de eficiência quando se diminui a distância entre o quebra-vento e a estufa, apesar da considerável redução de 6m para 4,5m. Ensaios com o espaçamento menor (4,50m) revelaram, em média, redução de 13,2% na velocidade lateral do vento e 4,5% na superior em relação aos ensaios com o espaçamento maior (6,00m). Em con-

trapartida, as simulações com protótipo de quebra-vento maior (2,75 x 7,00m) obtiveram eficiência significativamente melhor em relação aos menores (2,00 x 5,50m), com redução de 30,8% e 28,1% nas velocidades laterais e superiores do vento, respectivamente. As figuras 4(C) e 4(D) expõem uma região de forte pressão negativa próxima ao quebra-vento, com potencial de induzir vibração mecânica na estrutura das estufas. Este fenômeno pode ser explicado analisando-se os campos vetoriais de velocidade da Figura 5, que representam o ensaio número 10 como exemplo. Esta condição gera uma zona de alta vorticidade, responsável pela região de baixa pressão mostrada na Figura 4. De acordo com o estudo de Mistrionis et al. (2012), a escolha da tela quebra-vento, em detrimento da lona plástica como material para o quebra-vento, facilita a circulação de ar, o que inibe o surgimento de vórtices e, como consequência, atenua zonas de baixa pressão.

Os resultados obtidos durante esta pesquisa demonstram que a utilização do quebra-vento artificial em estufas plásticas é um método muito eficaz de proteção. Nas simulações, os quebra-ventos foram capazes de reduzir em até 40% as velocidades dos ventos próximas à estufa. Além disso, observou-se que quando o quebra-vento é instalado paralelamente às faces frontais ou traseiras da estufa, é mais eficiente implantar um quebra-vento mais alto do que posicioná-lo mais próximo, sem criar obstruções das entradas da estufa.

## Referências

- CLEUGH, H.A. Effects of windbreaks on air-flow, microclimates and crop yields. **Agroforestry Systems** v.41, p.63-66, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1006019805109>.
- DILARA, P.A.; BRIASSOULIS, D. Degradation and Stabilization of Low-density Polyethylene Films used as Greenhouse Covering Materials. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.76, p.309-321, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1006/jaer.1999.0513>.

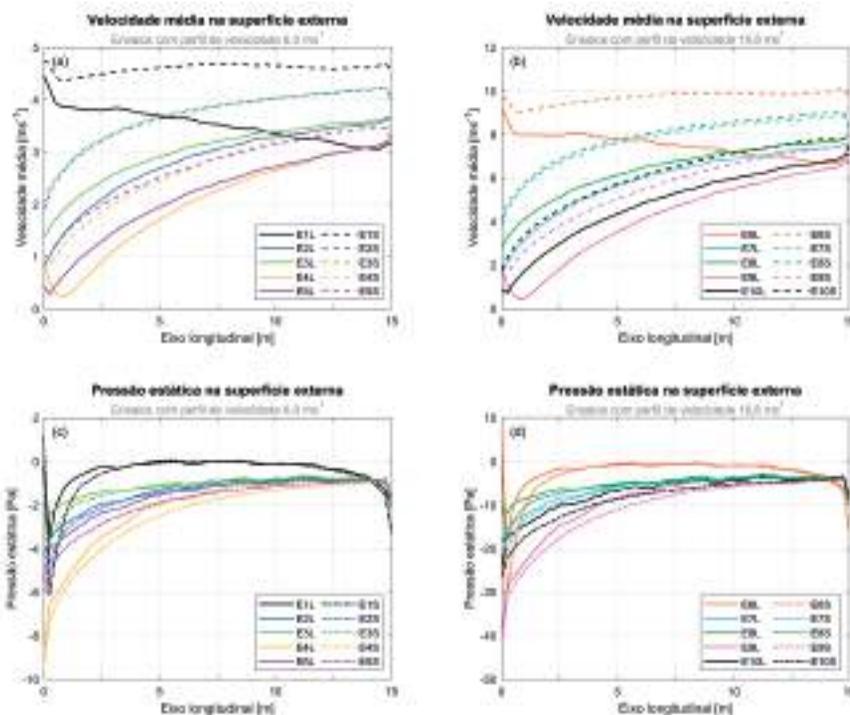


Figura 4. Velocidade média, (A) e (B); pressão estática, (C) e (D), aferidas sob a superfície das estufas. Nas legendas, prefixo E denota Ensaio, sufixos L e S denotam coleta de dados Lateral e Superior, respectivamente. A numeração dos ensaios corresponde ao exposto na Tabela 1

Figure 4. Average speed, (A) and (B); static pressure, (C) and (D), measured over greenhouses' surface. At legends, prefix E denotes test, suffixes L and S denote lateral and top data collect. Tests numbering corresponds to Table 1

DOUGKA, G.; BRIASSOULIS, D. Load carrying capacity of greenhouse covering films under wind action: Optimising the supporting systems of greenhouse films. **Biosystems Engineering**, v.192, p.199-214, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.01.020>.

GFDL – GEOPHYSICAL FLUID DYNAMICS LABORATORY. **Global Warming and Hurricanes: An Overview of Current Research Results**, 2021. Disponível em: <https://www.gfdl.noaa.gov/global-warming-and-hurricanes/>. Acesso em: 27 maio 2021.

HICKMAN, G.W. **Cuesta Roble Consulting: International greenhouse vegetable production statistics**, 2019. Disponível em: <https://www.cuestaroble.com/statistics.html>. Acesso em: 25 de maio de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **SONDA: Estação meteorológica de Florianópolis**, 2018. Dados ambientais. Disponível em: <http://sonda.ccst.inpe.br/base-dados/florianopolis.html>. Acesso em: 27 de maio de 2021.

MISTRIOTIS, A.; GIANNOULIS, A.; BRIASSOULIS, D. Numerical estimation of wind loads on a greenhouse protected by a net-covered windbreak analyzed as an integrated system. *In: International Symposium on Advanced Technologies and Management Towards Sustainable Greenhouse Ecosystems: Greensys*, 2011, Atenas. **Anais[...]**, Atenas, ISHS Acta Horticulturae, 2012. p.169-173. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.952.20>.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS. **Prefeitura de Antônio Carlos: Economia**, 2019. Principais aspectos econômicos. Disponível em: <https://www.antonioCarlos.sc.gov.br/cms/pagina/ver/codMapaltem/43356>. Acesso em: 25 maio 2021.

TAKLE, E.S. Windbreaks and Shelterbelts. **Encyclopedia of Soils in the Environment**, p.340–345, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/B0-12-348530-4/00312-X>.

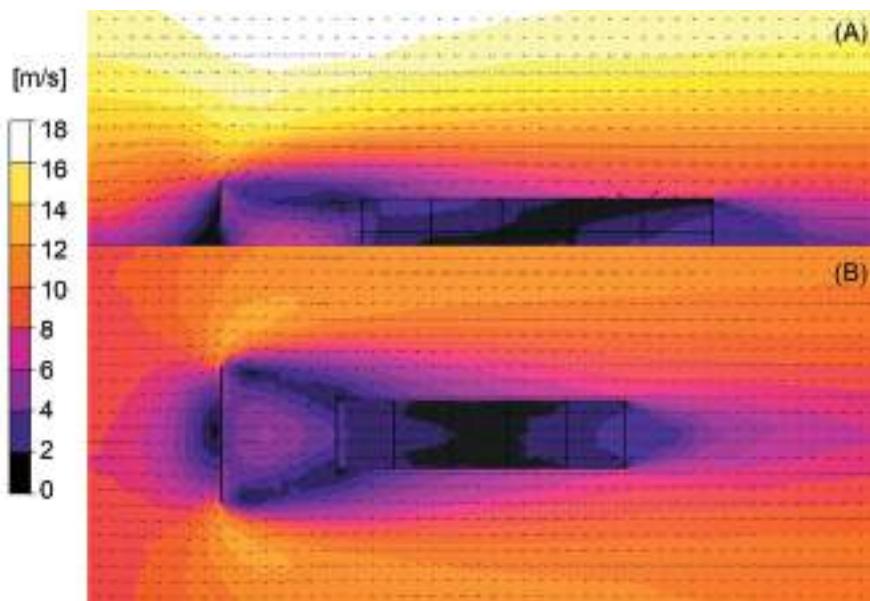


Figura 5. Ensaio E10 exibindo campo vetorial da velocidade do vento. Em corte lateral longitudinal, centralizado (A). Em corte superior longitudinal, a 904mm acima do chão, altura para a qual foi feita a coleta lateral de dados da Figura 5 (B)

Figure 5. Test E10 exhibiting wind speed's vector field. At longitudinal side cut, centralized (A). At longitudinal top cut, at 904mm above ground, same height of side data collection from Figure 5 (B)

# Infestação de moscas-das-frutas em hospedeiros nativos na região do Alto Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina

Janaína Pereira dos Santos<sup>1</sup>, Alexandre Carlos Menezes-Netto<sup>2</sup>, Simone Silmara Werner<sup>3</sup> e Juracy Caldeira Lins Junior<sup>4</sup>

**Resumo** – No Sul do Brasil, o tamanho das populações de moscas-das-frutas que colonizam os pomares comerciais é influenciado pela frutificação dos hospedeiros nativos. O trabalho objetivou avaliar a infestação de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* em frutos de *Eugenia involucrata* (cerejeira-do-mato); *Eugenia pyriformis* (uvaieira); *Acca selowiana* (goiabeira-serrana); *Psidium cattleianum* (araçazeiro vermelho e amarelo); *Campomanesia xanthocarpa* (guabirobeira) e *Campomanesia guazumifolia* (sete-capotes), visando obter informações para a formulação de estratégias de manejo em pomares comerciais de frutíferas de clima temperado. O estudo foi conduzido nas safras 2019/2020 e 2020/2021, em áreas agrícolas de municípios da região do Alto Vale do Rio do Peixe, em Santa Catarina. Os índices de infestação de moscas-das-frutas foram obtidos através do número de pupários fruto<sup>-1</sup> e do número de pupários peso de frutos<sup>-1</sup>. Na safra 2019/2020 foram coletadas amostras de 150 frutos de cada espécie frutífera por município de coleta e, na safra 2020/2021, as amostras continham 200 frutos de cada espécie frutífera. Os maiores índices de infestação de *Anastrepha* foram registrados em *P. cattleianum*, variando conforme o local de coleta, seguido por *Acca selowiana*. *Campomanesia guazumifolia*, *Eugenia involucrata* e *E. pyriformis* apresentaram índices de infestação intermediário e *C. xanthocarpa* os menores índices. Em pomares comerciais de frutíferas de clima temperado, recomenda-se que os fruticultores aliem o monitoramento de moscas-das-frutas em armadilhas contendo atrativo alimentar com a avaliação de frutos em hospedeiros nativos localizados próximos aos pomares.

**Termos para indexação:** *Anastrepha*; Monitoramento; Fruticultura de clima temperado.

## Fruit fly infestation on native hosts in the Alto Vale do Rio do Peixe region, Santa Catarina

**Abstract** – In Southern Brazil, the size of fruit flies populations that colonize commercial orchards is influenced by the fruiting of native hosts. The objective of this work was to evaluate the infestation of fruit flies of the genus *Anastrepha* on fruits of *Eugenia involucrata* ('cerejeira-do-mato'); *Eugenia pyriformis* ('uvaieira'); *Acca selowiana* ('goiabeira-serrana'); *Psidium cattleianum* (yellow and red 'araçazeiro'); *Campomanesia xanthocarpa* ('guabirobeira') and *Campomanesia guazumifolia* ('sete-capotes'), aiming to obtain information for the formulation of management strategies in temperate climate fruit commercial orchards. The study was carried out in the 2019/2020 and 2020/2021 crop seasons, in agricultural areas of municipalities in the Alto Vale do Rio do Peixe region, Santa Catarina state, Brazil. Fruit flies infestation rates were obtained from the number of puparia fruit<sup>-1</sup> and the number of puparia fruit weight<sup>-1</sup>. In the 2019/2020 crop season, samples of 150 fruits of each fruit species were collected in each municipality and, in the 2020/2021, the samples contained 200 fruits of each fruit species. The *Anastrepha* highest infestation rates were recorded in *P. cattleianum*, varying among sample places, followed by *Acca selowiana*. *Campomanesia guazumifolia*, *Eugenia involucrata*, and *E. pyriformis* had intermediate infestation rates and the lowest rates occurred in *C. xanthocarpa*. In temperate climate fruit commercial orchards, it is recommended that fruit growers combine monitoring of fruit flies in traps containing food attractants with the evaluation of fruits in native hosts surrounding the orchards.

**Index terms:** *Anastrepha*; Monitoring; Temperate climate fruit crops.

## Introdução

No Sul do Brasil, as moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) são uma preocupação constante dos fruticultores, pois os seus danos acarretam aumento

nos custos e perdas na produção. Em Santa Catarina, 45 espécies de plantas distribuídas em 18 famílias são registradas como hospedeiras de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* (NORA et al., 2000). A mosca-das-frutas sul-ame-

ricana, *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae), é a espécie mais frequente e abundante (GARCIA & NORRIBOM, 2011; ROSA et al. 2017; SANTOS et al., 2017).

A flutuação populacional de *A. fra-*

Recebido em 15/10/2021. Aceito para publicação em 18/02/2022.

<https://doi.org/10.52945/rac.v35i2.1342>

<sup>1</sup> Engenheira-agrônoma, Dra., Epagri/Estação Experimental de Caçador (EECd), C.P. 591, 89501-032, Caçador, SC, fone: (49) 3561 6813, e-mail: janapereira@epagri.sc.gov.br.

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Estação Experimental de Videira (EEV), Rua João Zardo, 1.660, 89564-506, Videira, SC, fone: (49) 3533 5634, e-mail: alexandrenetto@epagri.sc.gov.br.

<sup>3</sup> Bióloga/Matemática, Dra., Departamento de Informática e Estatística - Universidade Federal de Santa Catarina (INE/CTC- UFSC), Florianópolis, SC, fone: (48) 3721 7758, e-mail: simone.werner@ufsc.br.

<sup>4</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Estação Experimental de Caçador (EECd), fone: (49) 3561 6814, e-mail: juracyjunior@epagri.sc.gov.br.

*terculus* varia entre pomares, safras e regiões (SOUZA-FILHO et al., 2009; SANTOS et al., 2017). Além disso, a densidade populacional é dependente da disponibilidade de frutos hospedeiros e das variáveis meteorológicas, tais como temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica (SOUZA-FILHO et al., 2009; SANTOS et al., 2017).

Os hospedeiros silvestres possibilitam a multiplicação das moscas-das-frutas que, por sua vez, passam a migrar para os pomares em busca de sítios de oviposição (SUGAYAMA & MALAVASI, 2000). No Sul do Brasil, várias espécies de frutíferas nativas são hospedeiras de moscas do gênero *Anastrepha*, principalmente às da família Myrtaceae (GATELLI et al., 2008; GARCIA & NORR-BOM, 2011; NUNES et al., 2012; PEREIRA-RÊGO et al., 2013; BISOGNIN et al., 2015; SANTOS et al., 2018). A detecção e a quantificação das populações de moscas-das-frutas nesses hospedeiros são essenciais para a implementação de técnicas de controle que envolvem o manejo integrado de pragas (BISOGNIN et al., 2015; SANTOS et al., 2018).

O monitoramento de moscas-das-frutas com armadilhas contendo atrativo alimentar possibilita caracterizar as populações de maneira qualitativa e quantitativa (SÁ et al., 2008). Contudo, ele pode ser complementado com a amostragem de frutos, para avaliar os danos diretos, detectar a presença de larvas, a associação de determinada espécie com o seu hospedeiro e os níveis de infestação (NASCIMENTO et al., 2000; SÁ et al., 2008). Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a infestação de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* em frutos de hospedeiros nativos, na região do Alto Vale do Rio do Peixe (AVRP) em Santa Catarina, visando obter informações para a formulação de estratégias de manejo em pomares comerciais de frutíferas de clima temperado.

## Material e métodos

O estudo foi conduzido em sete municípios da região do AVRP, em Santa Catarina. Nas safras 2019/2020 e 2020/2021 foram coletados frutos em Calmon, Macieira, Matos Costa, Rio das

Antas e Videira. Em Caçador e Lebon Régis, as coletas foram apenas nas safras 2019/2020 e 2020/2021, respectivamente. As frutíferas avaliadas foram: *Eugenia involucrata* DC. (cerejeira-domato); *Eugenia pyriformis* Cambess. (uvaieira); *Acca selowiana* (O. Berg.) Burret (goiabeira-serrana); *Psidium cattleianum* Sabine (araçazeiro-vermelho e araçazeiro-amarelo); *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. (guabirobeira) e *Campomanesia guazumifolia* (Cambess.) O. Berg. (sete-capotes ou capoteira) (Tabela 1).

Na safra 2019/2020 foram coletadas amostras de 150 frutos de cada espécie frutífera por município de coleta e,

na safra 2020/2021, as amostras continham 200 frutos de cada espécie frutífera por município de coleta. Os frutos foram coletados do chão e da copa das árvores, aleatoriamente, de plantas que não receberam tratamento com agrotóxicos. As espécies nativas estavam localizadas em áreas próximas a pomares comerciais de frutíferas de clima temperado, tais como macieira, pereira, pessegueiro, ameixeira e videira. Como estavam no mesmo estágio de maturação, os frutos coletados do chão e da copa das árvores foram avaliados conjuntamente.

As espécies frutíferas nativas avaliadas apresentam um período de matura-

Tabela 1. Época de coleta de amostras de frutos em frutíferas nativas em municípios da região do Alto Vale do Rio do Peixe, SC (safras 2019/2020 e 2020/2021)

Table 1. Time of collection of fruit samples from native fruit trees in municipalities in the Alto Vale do Rio do Peixe region, SC (2019/2020 and 2020/2021 crop seasons)

Frutífera Município	Épocas de coleta de frutos	
	Safra 2019/2020	Safra 2020/2021
<i>Cerejeira-do-mato</i>		
Macieira	Novembro/2019	Outubro/2020
Videira	.	Novembro/2020
<i>Guabirobeira</i>		
Calmon	Janeiro/2020	Dezembro/2020
Macieira	Dezembro/2019	Dezembro/2020
Matos Costa	Dezembro/2019	Dezembro/2020
Rio das Antas	Dezembro/2019	Dezembro/2020
Lebon Régis	.	Dezembro/2020
Videira	.	Dezembro/2020
<i>Sete-capotes</i>		
Videira	Fevereiro/2020	Fevereiro/2021
<i>Uvaieira</i>		
Caçador	Fevereiro/2020	.
Macieira	Fevereiro/2020	.
<i>Goiabeira-serrana</i>		
Videira	Fevereiro/2020	Fevereiro/2021
<i>Araçazeiro-amarelo</i>		
Rio das Antas	Fevereiro/2020	Fevereiro/2021
Macieira	Março/2020	Março/2021
Matos Costa	Março/2020	.
Videira	Março/2020	.
<i>Araçazeiro-vermelho</i>		
Rio das Antas	Março/2020	Março/2021
Lebon Régis	.	Março/2021
Matos Costa	Março/2020	Março/2021
Videira	Março/2020	Fevereiro/2021

\*Não foram coletados frutos

ção intenso e curto, que dura em torno de 15 a 20 dias. Dessa forma, as amostras coletadas continham apenas frutos que se encontravam mais próximos da maturação completa, ou seja, no período de máxima suscetibilidade à infestação por moscas-das-frutas. Para verificar o estágio de maturação dos frutos foram consideradas a firmeza da polpa, medida com penetrômetro motorizado digital, com êmbolo de 3mm de diâmetro, e a época de colheita para cada espécie frutífera, de acordo com dados obtidos na região do AVRP em pesquisas anteriores. Além disso, também se monitorou a mudança na coloração da epiderme dos frutos.

No Laboratório de Entomologia da Epagri/Estação Experimental de Caçador, os frutos foram acondicionados em recipientes plásticos contendo uma camada de aproximadamente 1cm de areia esterilizada e mantidos em sala climatizada ( $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ;  $60 \pm 10\%$  umidade relativa do ar; fotofase 12 horas). Após 7, 14 e 21 dias, a areia foi inspecionada para a contagem de pupários. Visando à emergência de adultos, os pupários foram mantidos em placas de Petri contendo areia esterilizada como substrato e acondicionados em gaiolas (40,0 x 29,0 x 51,5cm) ou em placas para cultura de células com capacidade para 48 poços. Os espécimes de mosca-das-frutas emergidos foram armazenados em frascos plásticos (50mL) contendo álcool 70%. Posteriormente, procedeu-se à identificação com relação ao gênero, com o auxílio de chave dicotômica de Zucchi (2000).

O peso dos frutos foi medido em balança semianalítica digital (Trentin<sup>®</sup>) expresso em gramas e depois, convertido para quilogramas (kg). Os índices de infestação de moscas-das-frutas foram obtidos através do número de pupários/fruto e do número de pupários/peso de frutos (kg), independentemente se houve emergência de adultos.

Para a análise dos dados, consideraram-se separadamente as coletas das duas safras. Utilizou-se a análise clássica de variância (modelo normal), empregando-se a transformação ótima de Box-Cox quando as pressuposições do modelo não foram atendidas. Quando do efeito significativo dos tratamentos, aplicou-se o teste de Scott-Knott. Todas

as análises foram realizadas no ambiente "R" (R Core Team, 2021), considerando o nível de 5% de significância.

Para a realização deste trabalho de pesquisa, os pesquisadores foram devidamente autorizados pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO).

## Resultados e discussão

Todos os adultos de moscas-das-frutas que emergiram dos pupários eram do gênero *Anastrepha*.

Na safra 2019/2020, foram registrados os maiores índices de infestação de *Anastrepha* spp. em amostras coletadas de araçazeiros amarelo e vermelho em Rio das Antas, mas, na quantidade de pupários/peso de frutos estas frutíferas não apresentaram diferença em relação ao araçazeiro-vermelho coletado em Videira (Tabela 2). Os menores índices de infestação foram registrados em amostras de frutos coletadas de guabirobeira em Matos Costa, seguida por guabirobeira de Macieira e araçazeiro-amarelo de Videira (Tabela 2).

Na safra 2020/2021, os maiores índices de infestação foram observados em amostra de araçazeiro-vermelho coletada em Rio das Antas e os menores índices ocorreram em amostra de guabirobeira coletada em Videira (Tabela 3). Em amostras de frutos de guabirobeira coletadas em Macieira, Matos Costa e Rio das Antas também se obtiveram baixas quantidades de pupários/frutos (Tabela 3).

Em ambas as safras, frutos de setecapotes, cerejeira-do-mato e uvaieira apresentaram índices de infestação intermediário (Tabelas 2 e 3). No geral, os menores índices foram observados em frutos de guabirobeira (Tabelas 2 e 3). Dessa forma, constatou-se que os índices de infestação podem variar entre as espécies frutíferas e entre os locais de coleta (Tabelas 2 e 3). Contudo, verificou-se que os araçazeiros amarelo e vermelho e a goiabeira-serrana são importantes hospedeiros multiplicadores de moscas-das-frutas na região do AVRP. No Rio Grande do Sul, Gatelli et al. (2008) registraram maior quantidade

de pupários de *A. fraterculus* por fruto em goiabeira (*Psidium guajava*), seguido por goiabeira-serrana e araçazeiro. Neste mesmo estudo, esses autores registraram menores índices de infestação em frutos de guabirobeira e pitangueira. Também no Rio Grande do Sul, Nunes et al. (2012) avaliaram os índices de infestação em frutíferas nativas e exóticas, verificando que, entre as nativas, a mais infestada foi a goiabeira seguida pela cerejeira-do-mato, goiabeira-serrana, araçazeiro-amarelo e araçazeiro-vermelho.

As moscas-das-frutas podem ovipositar em frutíferas nativas de diferentes espécies, mas, pode haver uma preferência, onde algumas espécies podem ser mais infestadas que outras, conforme já observado em estudos anteriores realizados no município de Caçador (SANTOS et al., 2018; SANTOS et al., 2019). Para escolher um fruto para oviposição, as fêmeas de tefritídeos utilizam estímulos visuais e avaliam o fruto quanto ao seu tamanho, formato, cor, composição química e física (SUGAYAMA & MALAVASI, 2000; BISOGNIN et al., 2015; NOR et al., 2018). A seleção de frutos para oviposição também é influenciada pelos nutrientes (JOACHIM-BRAVO et al., 2001; GREGÓRIO et al., 2010) e pelas substâncias voláteis (ALUJA et al., 2014; JALEEL et al., 2019; SANTOS et al., 2019). Essas características físico-químicas estão associadas à atratividade das fêmeas de moscas-das-frutas e podem variar entre as espécies ou até mesmo dentro da mesma espécie frutífera, conforme o tipo de cultivo, origem geográfica, fatores fisiológicos e genéticos da planta, proporcionando dessa forma, variabilidade nos índices de infestação.

Em estudo anterior foram registradas variações nos índices de infestação de *A. fraterculus* em frutos de araçazeiro-vermelho coletados em quatro diferentes municípios da região do AVRP, onde se constatou que os maiores índices de infestação estiveram associados à maior quantidade de compostos fenólicos da epiderme, aliada à baixa acidez dos frutos (SANTOS et al., 2020).

No presente estudo, as condições meteorológicas das safras nos diferentes municípios de coleta e a disponibilidade/quantidade de frutos do hospedeiro

Tabela 2. Índices de infestação (média ± erro padrão) de moscas-das-frutas (*Anastrepha* spp.) em frutíferas nativas e peso dos frutos coletados na região do Alto Vale do Rio do Peixe, SC (safra 2019/2020)

Table 2. Fruit flies (*Anastrepha* spp.) infestation rates (mean ± standard error) in native fruit trees and fruit weight collected in the Alto Vale do Rio do Peixe region, SC (2019/2020 crop season)

Frutífera (Município)	Índices de infestação Safra 2019/2020*		Peso dos frutos (g)*
	Pupários/ fruto	Pupários/ peso (kg)	
Araçazeiro-amarelo (Macieira)	0,5±0,01e	84,49±4,43d	6,03±0,34e
Araçazeiro-amarelo (Matos Costa)	1,67±0,02d	204,11±16,49b	8,33±0,71d
Araçazeiro-amarelo (Rio das Antas)	6,32±0,09a	563,21±0,07a	11,2±0,04b
Araçazeiro-amarelo (Videira)	0,15±0,01f	12,09±1,35f	12,55±0,24b
Araçazeiro-vermelho (Matos Costa)	0,32±0,04e	40,96±0,25e	8,31±0,03d
Araçazeiro-vermelho (Rio das Antas)	6,58±0,04a	677,75±20,59a	9,74±0,26c
Araçazeiro-vermelho (Videira)	3,55±0,33b	649,68±89,99a	5,67±0,37e
Cerejeira-do-mato (Macieira)	1,24±0,16d	178,72±29,23b	7,1±0,33d
Goiabeira-serrana (Videira)	4,09±0,38b	150,91±15,95c	27,24±0,42a
Guabirobeira (Calmon)	1,3±0,01d	243,8±7,66b	5,35±0,19e
Guabirobeira (Macieira)	0,09±0,01f	9,2±1,3f	9,8±0,44c
Guabirobeira (Matos Costa)	0,05±0,01g	7,57±1,47f	5,82±0,47e
Guabirobeira (Rio das Antas)	0,4±0,05e	52,27±6,06e	7,64±0,32d
Sete-capotes (Videira)	2,82±0,94c	248,63±83,37b	11,36±0,27b
Uvaieira (Caçador)	1,42±0,01d	227,02±16,02b	6,38±0,49e
Uvaieira (Macieira)	1,54±0,53d	139,15±47,11c	11,07±1,37b

\* Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

deiro não foram avaliados. Entretanto, de acordo com Silva et al. (2011), estes fatores também podem influenciar na variabilidade dos índices de infestação de moscas-das-frutas. Sendo que essas variáveis podem ser correlacionadas com a população de mosca-das-frutas, para verificar a influência destes fatores na flutuação populacional da praga ao longo de um determinado período.

As frutíferas nativas avaliadas apresentam fenologia de frutificação concomitante com as principais frutíferas de clima temperado cultivadas comercialmente na região do AVRP. Em outubro/novembro e em dezembro/janeiro ocorre, respectivamente, a maturação dos frutos de cerejeira-do-mato e guabirobeira. Esses são os primeiros hospedeiros a gerar moscas que se dispersarão para os pomares de pessegueiro, ameixeira, pereira e de macieiras de ciclo precoce. Já os cultivares de macieira de ciclo intermediário (híbridos e mutações de Gala) e tardio (híbridos e mutações de Fuji) e os cultivares de videira apresentam frutificação concomitante com os frutos de sete-capotes, uvaieira, goiabeira-serrana e dos araçazeiros amarelo e vermelho. Dessa forma, como estratégia de manejo integrado de mosca-das-frutas nos pomares comerciais, recomenda-se que os dados de monitoramento obtidos em armadilhas contendo atrativo alimentar devem ser complementados com a amostragem de frutos em hospedeiros nativos, para avaliar os níveis de infestação, através da presença de larvas nesses frutos. Neste contexto, as armadilhas deverão ser instaladas nas bordaduras e no interior dos pomares comerciais e a quantidade variará com o tamanho da área de plantio (HICKEL, 2008). É importante também instalar armadilhas nas bordaduras da mata, a fim de se verificar o início da migração de populações da praga oriundas dos hospedeiros nativos.

Com esses resultados, recomenda-se que os fruticultores que possuem frutíferas nativas em suas propriedades façam o monitoramento desde o início da frutificação até a maturação total dos frutos. O monitoramento em frutos de hospedeiros nativos, aliado à utilização de armadilhas, permitirá acompanhar o aumento e a diminuição das populações de moscas-das-frutas, as épocas de

Tabela 3. Índices de infestação (média  $\pm$  erro padrão) de moscas-das-frutas (*Anastrepha* spp.) em frutíferas nativas e peso dos frutos coletados na região do Alto Vale do Rio do Peixe, SC (safra 2020/2021)

Table 3. Fruit flies (*Anastrepha* spp.) infestation rates (mean  $\pm$  standard error) in native fruit trees and fruit weight collected in the Alto Vale do Rio do Peixe region, SC (2020/2021 crop season)

Frutífera (Município)	Índices de infestação Safra 2020/2021*		Peso dos frutos (g)*
	Pupários/fruto	Pupários/Peso (kg)	
Araçazeiro-amarelo (Macieira)	2,79 $\pm$ 0,05e	511,93 $\pm$ 0,17c	5,42 $\pm$ 0,1e
Araçazeiro-amarelo (Rio das Antas)	6,32 $\pm$ 0,09c	679,66 $\pm$ 0,23b	9,3 $\pm$ 0,04c
Araçazeiro-vermelho (Lebon Régis)	1,16 $\pm$ 0,14f	130,79 $\pm$ 21,56e	9,03 $\pm$ 0,33c
Araçazeiro-vermelho (Matos Costa)	3,6 $\pm$ 0,54d	465,54 $\pm$ 47,8c	7,63 $\pm$ 0,39d
Araçazeiro-vermelho (Rio das Antas)	11,61 $\pm$ 0,05a	910,95 $\pm$ 0,33a	12,75 $\pm$ 0,1b
Araçazeiro-vermelho (Videira)	1,34 $\pm$ 0,05f	187,24 $\pm$ 6,6e	7,13 $\pm$ 0,06d
Cerejeira-do-mato (Macieira)	0,47 $\pm$ 0,01g	237,45 $\pm$ 11,51d	5,1 $\pm$ 0,13e
Cerejeira-do-mato (Videira)	3,53 $\pm$ 0,31d	637,02 $\pm$ 74,28b	5,64 $\pm$ 0,32
Goiabeira-serrana (Videira)	7,7 $\pm$ 0,28b	498,72 $\pm$ 1,76c	15,44 $\pm$ 0,51a
Guabirobeira (Calmon)	0,42 $\pm$ 0,2g	116,56 $\pm$ 59,42f	4,36 $\pm$ 0,51f
Guabirobeira (Lebon Régis)	1,26 $\pm$ 0,04f	315,37 $\pm$ 20,5d	4,02 $\pm$ 0,14f
Guabirobeira (Macieira)	0,44 $\pm$ 0,05g	56,46 $\pm$ 6,41f	7,82 $\pm$ 0,23d
Guabirobeira (Matos Costa)	0,26 $\pm$ 0,05g	55,79 $\pm$ 8,19f	4,73 $\pm$ 0,45f
Guabirobeira (Rio das Antas)	0,62 $\pm$ 0,07g	168,68 $\pm$ 32,39e	3,92 $\pm$ 0,47f
Guabirobeira (Videira)	0,05 $\pm$ 0,02h	7,67 $\pm$ 2,56g	6,19 $\pm$ 0,35e
Sete-capotes (Videira)	2,78 $\pm$ 0,64e	228,27 $\pm$ 47,39d	12,02 $\pm$ 0,33b

\* Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

ocorrência e os picos populacionais, fornecendo desta maneira informações sobre o momento mais adequado para a realização do controle. Salienta-se que a eliminação de frutíferas nativas nas propriedades agrícolas não é recomendada, pois seus frutos servem de refúgio aos principais micro-himenópteros parasitoides de moscas-das-frutas (NUNES et al., 2012; PEREIRA-RÊGO et al., 2013; SANTOS & GUIMARAES, 2018). Além disso, as frutíferas nativas são fonte de alimento para diversas espécies de animais silvestres, especialmente pássaros e morcegos.

## Conclusões

- Os índices de infestação variam entre as espécies frutíferas e o local de ocorrência, sendo algumas frutíferas mais infestadas que outras.

- Os araçazeiros vermelho e amarelo apresentaram os maiores índices de infestação, variando conforme o local de coleta, seguido pela goiabeira-serrana.

- Sete-capotes, cerejeira-do-mato e uvaieira apresentaram índices de infestação intermediário e a guabirobeira os menores índices.

- Em pomares comerciais de frutíferas de clima temperado, recomenda-se que os fruticultores aliem o monitoramento de moscas-das-frutas em armadilhas contendo atrativo alimentar com a avaliação de frutos em hospedeiros nativos localizados próximos aos pomares.

## Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Santa Catarina (Fapesc), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia dos Hymenoptera Parasitoides (INCT-HYMPAR), pelo apoio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

## Referências

ALUJA, M.; ARREDONDO, J.; DÍAZ-FLEISCHER, F.; BIRKE, A.; RULL, J.; NIOGRET, J.; EPSKY, N. Susceptibility of 15 mango (Sapindales: Anacardiaceae) cultivars to the attack by *Anastrepha ludens* and *Anastrepha*

- obliqua* (Diptera: Tephritidae) and the role of underdeveloped fruit as pest reservoirs: management implications. **Journal of Economic Entomology**, Laham, v.107, n.1, p.375-388, 2014.
- BISOGNIN, M.; NAVA, D.E.; DIEZ-RODRÍGUEZ, G.I.; VALGAS, R.A.; GARCIA, M.S.; KROLOW, A.C.R. ANTUNES, L.E.C. Development of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) related to the phenology of blueberry, blackberry, strawberry guava, and Surinam cherry fruits. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.108, n.1, p.192-200, 2015.
- GARCIA, F.R.M.; NORRIBOM, A.L. Tephritoid flies (Diptera, Tephritoidea) and their plant hosts from state of Santa Catarina in Southern Brazil. **Florida Entomologist**, Gainesville, v.94, n.2, p.151-157, 2011.
- GATELLI, T.; SILVA, F.F.; MEIRELLES, R.N.; REDAELLI, L.R.; DAL SOGLIO, F.K. Moscas frugívoras associadas a mirtáceas e laranjeira "Céu" na região do Vale do Rio Caí, Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.1, p.236-239, 2008.
- GREGÓRIO, P.L.F., SANT'ANA, J.; REDAELLI, L.R. Percepção química e visual de *Anastrepha fraterculus* (Diptera, Tephritidae) em laboratório. **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v.100, n.2, p.128-132, 2010.
- HICKEL, E.R. **Pragas das fruteiras de clima temperado no Brasil: guia para o manejo integrado de pragas**. Florianópolis: Epagri, 2008. 170p.
- JALEEL, W.; HE, Y.; LÜ, L. The response of two *Bactrocera* species (Diptera: Tephritidae) to fruit volatiles. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v.22, n.3, p.758-765, 2019.
- JOACHIM-BRAVO, I.S.; GUIMARÃES, A.N.; MAGALHÃES, T.C. Influência de substâncias atrativas no comportamento alimentar e na preferência de oviposição de *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Sitientibus, Série Ciências Biológicas**, Feira de Santana, v.1, n.1, p.60-65, 2001.
- NASCIMENTO, A.S.; CARVALHO, R.S.; MALAVASI, A. Monitoramento populacional. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (Eds.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p.109-112.
- NOR, S.M.; MOHAMED, S.; SAJILI, M.H.; NGAH, N. Ovipositional behaviour preference of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* Hendel (Diptera: Tephritidae) on different host fruits. **Journal of Agrobiotechnology**, Kuala Lumpur, v.9, p. 173-181, 2018.
- NORA, I.; HICKEL, E. R.; PRANDO, H. F. Moscas-das-frutas nos estados brasileiros: Santa Catarina. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos. 2000. p.271-276.
- NUNES, A.M.; MÜLLER, F.A.; GONÇALVES, R.S.; GARCIA, M.S.; COSTA, V.A.; NAVA, D.E. Moscas frugívoras e seus parasitoides nos municípios de Pelotas e Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.1, p.6-12, 2012.
- PEREIRA-RÊGO, D.R.G.; JAHNKE, S.M.; REDAELLI, L.R.; SCHAFFER, N. Variação na infestação de mosca-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e parasitismo em diferentes fases de frutificação em mirtáceas nativas no Rio Grande do Sul. **EntomoBrasilis**, Vassouras, v.6, n.2, p.141-145, 2013.
- RCORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.
- ROSA, J.M.; ARIOLI, C.J.; SANTOS, J.P.; MENEZES-NETTO, A.C.; BOTTON, M. Evaluation of food lures for capture and monitoring of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) on temperate fruit trees. **Journal of Economic Entomology**, v.110, p. 995-1001, 2017.
- SÁ, R.F.; CASTELLANI, M.A.; NASCIMENTO, A.S.; BRANDÃO, M.H.S.T.; SILVA, A.N.; PÉREZ-MALUF, R. Índice de infestação e diversidade de mosca-das-frutas em hospedeiros exóticos e nativos no polo de fruticultura de Anagé, BA. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.401-411, 2008.
- SANTOS, J.P.; REDAELLI, L.R.; SANT'ANA, J.; HICKEL, E.R. Flutuação populacional e estimativa do número de gerações de *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) em pomar de macieira em Caçador, Santa Catarina, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.84, p.1-7, 2017.
- SANTOS, J.P.; LACERDA, A.E.B.; ALVES, A.C.; ANSILIERO, A.A. Índices de infestação da mosca-das-frutas sul-americana em frutíferas nativas em Caçador, SC, Brasil. **Actas Portuguesas de Horticultura**, Lisboa, v.29, p.86-92, 2018.
- SANTOS, J.P.; GUIMARAES, J.A. Parasitoides associated with *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in native fruits: first record of *Aganaspis nordlanderii* (Hymenoptera: Figitidae) in the state of Santa Catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n.3, p.1-5, 2018.
- SANTOS, J.P.; ANSILIERO, A.A.; LINS JUNIOR, J.C. Infestação da mosca-das-frutas sul-americana em função de atributos químicos de frutos de hospedeiros nativos em Caçador, Santa Catarina. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 16., 2019, Fraiburgo. **Resumos[...] Caçador: Epagri**, 2019. v.2. p.36.
- SANTOS, J.P.; ANSILIERO, A.A. ; WERNER, S.S. ; LINS JUNIOR, J.C. ; MENEZES-NETTO, A.C. Infestação da mosca-das-frutas sul-americana em função dos atributos químicos de frutos de araçazeiro-vermelho. In: Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável, 10., 2020, Viçosa. **Anais de Resumos Expandidos[...] Viçosa: UFV**, 2020. p. 291-294.
- SILVA, P.S., AGUIAR-MENEZES, E.L., MOURA, A.P.; FERRARA, F.A.A. Diversidade e índices de infestação de mosca-das-frutas e seus parasitoides em seis cultivares de café no município de Bom Jesus do Itabapoana, RJ. **Vértices**, Campo dos Goytacazes, v.13, n.2, p.193-203, 2011.
- SOUZA-FILHO, M.F.; RAGA, A.; AZEVEDO-FILHO, J.A.; STRIKIS, P.C.; GUIMARÃES, J.A.; ZUCCHI, R.A. Diversity and seasonality of fruit flies (Diptera: Tephritidae and Lonchaeidae) and their parasitoids (Hymenoptera: Braconidae and Figitidae) in orchards of guava, loquat and peach. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v.69, n.1, p.31-40, 2009.
- SUGAYAMA, R. L.; MALAVASI, A. Ecologia comportamental. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p.103-108.
- ZUCCHI, R.A. Taxonomia. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. cap. 1, p. 13-24.

# Formulações de fosfitos para o controle de cancro europeu da macieira

Leonardo Araujo<sup>1</sup>, Felipe Augusto Moretti Ferreira Pinto<sup>1</sup>, James Matheus Ossacz Laconski<sup>2</sup>, Paulo Henrique da Silva Nogueira<sup>2</sup>, Gustavo dos Santos Padilha<sup>3a</sup> e Paulo Eduardo Rocha Eberhardt<sup>3b</sup>

**Resumo** – O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito de diferentes formulações de fosfitos para o controle do cancro europeu da macieira (CEM). No estudo *in vitro* os produtos foram incorporados em meio BDA (Batata-Dextrose-Ágar) e o desenvolvimento de *Neonectria ditissima* foi avaliado. Frutos e mudas de macieira foram feridos e, em seguida, foram tratados e inoculados com *N. ditissima* em laboratório e casa-de-vegetação, respectivamente. Plantas de macieira ‘Gala’ receberam cinco tratamentos com fosfitos em diferentes estágios fenológicos para proteção da infecção natural de *N. ditissima* a campo. Todos os fosfitos *in vitro* afetaram negativamente o desenvolvimento de *N. ditissima*. Os tratamentos fosetil al (51 e 30%), uma marca de fosfito de potássio 0-40-20 (44 e 37%) e captana (30 e 13%) reduziram a incidência de podridões e diâmetro de lesões em frutos. Em casa-de-vegetação todos os tratamentos apresentaram altos índices de controle sobre a incidência do CEM (17 a 100%) e redução do tamanho de lesão (58 a 100%) com exceção ao fosetil al. Em condições de campo, todos os tratamentos reduziram o número de cancos (48 a 88%), com exceção ao fosetil al e uma marca de fosfito de potássio 0-40-20. Em suma, os fosfitos reduzem os sintomas do CEM a níveis comparáveis aos fungicidas padrões captana e fosetil al, embora a formulação e a marca comercial devam ser consideradas.

**Termos para indexação:** *Malus domestica*; *Neonectria ditissima*; Doenças da macieira; Indução de resistência; Manejo integrado.

## Phosphite formulations for control of European apple canker

**Abstract** – The aim of the present study was evaluate the effect of different phosphite formulations for the control of European apple canker (EAC). The products *in vitro* were incorporated in PDA medium and the development of *Neonectria ditissima* was evaluated. Fruit and apple plants were wounded, followed by treatments and inoculation with *N. ditissima* in laboratory and greenhouse, respectively. ‘Gala’ apple trees received five treatments with phosphite at different phenological stages to protect the natural infection of *N. ditissima* in field. All phosphites *in vitro* negatively affected the development of *N. ditissima*. The treatments fosetyl al (51 and 30%), one potassium phosphite 0-40-20 (44 and 37%) and captan (30 and 13%) reduced the incidence of rot and lesion diameter in fruit. In greenhouse, all treatments showed high levels of control on EAC incidence (17 to 100%) and reduction in lesion size (58 to 100%) with the exception of fosetyl al. In field conditions, all treatments reduced the number of cankers (48 to 88%), with the exception of fosetyl al and one potassium phosphite 0-40-20. The results indicate that phosphites can be used in the management of EAC, although the formulation and trademark must be considered.

**Index terms:** *Malus domestica*; *Neonectria ditissima*; Apple diseases; Resistance induction; Integrated management.

## Introdução

A maçã é a segunda fruta de clima temperado mais produzida no Brasil, sendo os principais produtores os estados do Rio Grande Sul (603.293t) e de Santa Catarina (586.475t) (CEPA, 2019). Entre os fatores que afetam a produtividade da cultura e aumentam o custo de produção, destacam-se as doenças da

macieira, a exemplo da sarna, da mancha foliar de *Glomerella*, das podridões de frutos pré e pós-colheita e do cancro europeu (ARAUJO & MEDEIROS, 2018).

Atualmente o cancro europeu da macieira (CEM), causado pelo fungo *Neonectria ditissima*, é considerado a principal preocupação dos fruticultores da Serra Catarinense. Os primeiros sintomas da doença iniciam-se como

manchas de coloração marrom-avermelhada com desprendimento da casca na área lesionada. A lesão aumenta de tamanho, evoluindo para depressão de cor marrom-escura com formato mais ou menos circular. Ao redor do cancro, é possível observar um inchaço característico da doença nas bordas inferiores e superiores. Conforme a lesão evolui é possível observar o estrangulamento

Recebido em 07/04/2022. Aceito para publicação em 27/06/2022.

<https://doi.org/10.52945/rac.v35i2.1457>

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) - Estação Experimental de São Joaquim, rua João Araújo Lima, 102, bairro Jardim Caiçara, 88600-000, São Joaquim, SC, e-mail: leonardoaraujo@epagri.sc.gov.br; felipepinto@epagri.sc.gov.br.

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, Faculdades do Centro do Paraná, Av. Universitária, S/N - Campus Júlio Podolan, 85200-000, Pitanga, PR, e-mail: james-matheus@hotmail.com, phnogueira53@gmail.com.

<sup>3a</sup> Engenheiro-agrônomo, <sup>3b</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr. Centro Universitário Barriga Verde, rua Pe João Leonir Dall’Alba, 601, Bairro Murialdo, 88870-000, Orleans, SC, e-mail: guustawo@hotmail.com; paulorocha@unibave.net

dos ramos com consequente secamento. Nos frutos também é possível visualizar sintomas de CEM que se caracterizam como uma podridão firme, de cor marrom-escuro na região calicular. A presença da doença nos pomares aumenta o custo de produção, devido à necessidade de adoção de medidas específicas para manejo do CEM. Além disso, a produtividade é reduzida devido à necessidade de eliminar ramos sintomáticos e/ou todas as macieiras para conter epidemias nos pomares, além de perdas por podridões em frutos. Atualmente o patógeno é considerado uma praga quarentenária presente. Por isso, no Brasil, existe uma portaria que apresenta diretrizes aos fruticultores em relação ao manejo do CEM nos pomares de macieira. Dentre as principais medidas de manejo do CEM, destacam-se a aquisição de mudas livres da doença, a erradicação dos cancos e plantas sintomáticas do pomar e a proteção com fungicidas dos ferimentos de queda de folhas, bem como a colheita e a poda (ARAUJO & MEDEIROS, 2018; ARAUJO et al., 2019). No entanto, apesar deste programa oficial de controle de *N. ditissima* nos pomares, a incidência da doença continua aumentando nas principais regiões produtoras de maçã do Brasil, especialmente no estado do Rio Grande do Sul (ARAUJO et al., 2019). Este aumento do CEM nos pomares impulsiona a busca de medidas alternativas e/ou complementares de controle.

Fertilizantes à base de fosfitos vêm sendo muito utilizados no controle de doenças da macieira em todo mundo. Os fosfitos são compostos originados do ácido fosforoso ( $H_3PO_3$ ), através da neutralização por uma base que pode ser o hidróxido de sódio, hidróxido de potássio (o mais utilizado), hidróxido de amônio, dentre outros, formando o fosfito de potássio. O fosfito é translocado via floema e xilema e trata-se de uma forma não metabolizável de fósforo que é absorvida pelas folhas (REUVENI et al., 2003; ARAUJO et al., 2008; 2010; HAILEY & PERCIVAL, 2014; SPOLTI et al., 2015; FELIPINI et al., 2016; ARAUJO et al., 2020). No contexto da atividade

fungitóxica, o modo de ação do fosfito compreende a ação direta contra o patógeno, inibindo o crescimento micelial e levando à ruptura das hifas. Tem ações indiretas, que incluem o estímulo dos mais variados mecanismos de defesa das plantas, tanto na ausência, como na presença dos patógenos. Entre os principais mecanismos de defesa induzidos, destacam-se: o aumento na produção de PR-proteínas, fitoalexinas, hidrolases, pectina, lignina; a produção de espécies reativas de oxigênio induzindo reações de hipersensibilidade; o acúmulo de compostos fenólicos e a formação de agregados citoplasmáticos ao redor das células infectadas. Esta ativação no metabolismo secundário das plantas apresenta uma série de vantagens no manejo de doenças, tais como: proteção inespecífica contra vários patógenos, mecanismos de defesa de caráter sistêmico, utilização do potencial genético para resistência em plantas suscetíveis, sem impor pressão de seleção sobre o patógeno (DALIO et al., 2012; ARAUJO et al., 2015).

No entanto, alguns trabalhos têm mostrado que marcas e/ou formulações de fosfitos podem apresentar diferentes níveis de eficiência no controle de doenças da macieira (ARAUJO et al., 2010; HAILEY & PERCIVAL, 2014; SPOLTI et al., 2015; SMITH et al., 2019; ARAUJO et al., 2020). Apesar do uso intensivo na pomicultura mundial, inexistente atualmente uma avaliação comparativa da eficiência dos diferentes fosfitos utilizados no controle do CEM. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes formulações de fosfitos para o controle do CEM *in vitro* e *in vivo*.

## Material e métodos

Os experimentos foram realizados em casa de vegetação, laboratório de fitopatologia e pomar experimental da Estação Experimental da Epagri de São Joaquim, Santa Catarina (SC). Nos testes foram utilizados os seguintes tratamentos (doses para 100L): 1 = testemunha (*In vitro*: somente BDA (Batata-Dextrose-Ágar); *In vivo*: somente água; pH 6,6);

2 = fosetil al (controle positivo, 250g; Aliette®; pH 3,1); 3 = fosfito de potássio (FOSK) (1) 40-20 (0%(N)-40%(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)-20%(K<sub>2</sub>O)) (200mL; Scudero PHOS K®; pH 2,7); 4 = FOSK (2) 40-20 (200mL; Phytogard®; pH 2,6); 5 = FOSK (3) 40-20 (200mL; Fitosfos-K Plus®; pH 2,6); 6 = FOSK (4) 30-20 (0%(N)-30%(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)-20%(K<sub>2</sub>O)) (200mL; Reforce PK®; pH 5,3); 7 = fosfito de cobre (FOSCu) 20-4,5 (0%(N)-20%(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)-4,5%(Cu)) (100mL; Fosfito Cobre®; pH 2,8); 8 = fosfito de potássio com aminoácido (FOSKAA) 30-20 (0%(N)-30%(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)-20%(K<sub>2</sub>O)-4% aminoácidos livres) (200mL; Optimus®; pH 5,3) e 9 = captana (controle positivo, 240mL; Captan®; pH 5,7).

### Ensaio *in vitro*

Todos os tratamentos foram incorporados em meio BDA (Batata-Dextrose-Ágar) a 45°C, imediatamente antes de vertê-lo para placas de 10cm de diâmetro. Para avaliar o efeito dos tratamentos sobre o crescimento de colônias, após a solidificação do meio (20mL placa), um disco de 5mm de diâmetro contendo micélio do fungo de *N. ditissima* da coleção do laboratório de fitopatologia da estação experimental da Epagri de São Joaquim, proveniente de plantas infectadas do cultivar 'Gala', foi transferido para o centro das placas. Avaliaram-se a concentração de conídios e as medidas dos diâmetros perpendiculares das colônias aos 21 dias após o início da incubação a 24°C e 12h de fotoperíodo. Com o auxílio de um paquímetro digital e a adição de 20mL de água destilada em cada tratamento, foi determinada a concentração de conídios com um microscópio de luz e um hemocitômetro.

### Ensaio com frutos de macieira

Frutos maduros do cultivar 'Fuji Mishima' foram acondicionados em bandejas plásticas de 10L (16 x 40 x 29cm). Em seguida foram realizados dois ferimentos/fruto com auxílio de um conjunto de agulhas entomológicas e os produtos foram pulverizados com

auxílio de um borrifador para proteção das lesões. Logo após a secagem dos tratamentos nas lesões nos frutos foi depositado 20µL de 100.000 (1,0 x 10<sup>5</sup>) conídios/mL de *N. ditissima*, em cada um dos dois ferimentos/fruto. Os frutos foram mantidos em câmara úmida, com temperatura de 20°C, por dois dias no escuro. Foram avaliados a incidência de sintomas de podridão e o diâmetro das lesões com auxílio de um paquímetro digital, aos 28 e 44 dias após a inoculação, respectivamente.

### Ensaios em casa de vegetação

Foram utilizadas plantas de um ano de idade cultivadas em vasos plásticos contendo 1kg de substrato em mistura com solo argiloso, areia e esterco na proporção de 2:1:1. Plantas apresentavam de 20 a 30 folhas expandidas. Foram realizados oito ferimentos por muda do cultivar 'Gala', sendo quatro cortes em formato de poda realizados no caule com auxílio de estilete, e outros quatro ferimentos foram obtidos pelo destaque de folhas. Após a realização dos ferimentos artificiais as mudas de macieira receberam os tratamentos listados anteriormente. Para a inoculação foi utilizado um pincel com cerdas de 8mm, acoplado à ponteira de pipetador automático. Cada ferimento foi individualmente pincelado com uma suspensão de 20µL de 100.000 (1,0 x 10<sup>5</sup>) conídios mL<sup>-1</sup> de *N. ditissima*, 24 horas após os tratamentos. Um ano após a realização dos tratamentos foi determinada a incidência do CEM, quantificado o número de cancrios/planta/tratamento e o tamanho de lesão com auxílio de paquímetro.

### Ensaios em campo

Foram utilizadas plantas de macieira copa 'Gala' sobre porta-enxerto 'Marubakaido' estabelecidas em 2009 (28°17'39" S, 49°55'56" W, 1,415m altitude, 13 anos de idade). O espaçamento utilizado foi de 1,5m entre plantas e 4,5m entre linhas (população final de 1.482 plantas por hectare). As

plantas foram conduzidas no sistema líder central, sem sistema de sustentação. O clima, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo Cfb, mesotérmico úmido, sem estação seca e com verão fresco. O acúmulo médio de temperaturas iguais ou inferiores a 7,2°C na região é de 900 horas. Plantas receberam tratamentos em cinco momentos distintos em 2017, sendo o primeiro tratamento após a colheita (fevereiro) e os demais no início (primeira quinzena de abril), no meio (segunda quinzena de abril), no final do período de quedas de folhas (maio) e 30 dias após (junho) a total queda de folhas. Os produtos foram pulverizados utilizando uma lança com ponteira de três bicos Yamaho D-6 (vazão de 1,16L min.<sup>-1</sup>) acoplada a um pulverizador estacionário de acionamento por motor de combustão interna e bomba regulados na pressão de 200lb pol<sup>-2</sup>, com volume de calda de 1.000L ha<sup>-1</sup>. Ramos com sintomas do CEM avaliados neste estudo foram infectados naturalmente pelo fungo nos ferimentos e/ou aberturas naturais no campo, ou seja: as plantas não foram inoculadas artificialmente com *N. ditissima*. Na avaliação do CEM foi quantificado o número total de cancrios/planta/tratamento em julho de 2018 e janeiro de 2019 e calculado o índice de controle em relação a testemunha.

### Delineamento experimental e análises estatísticas

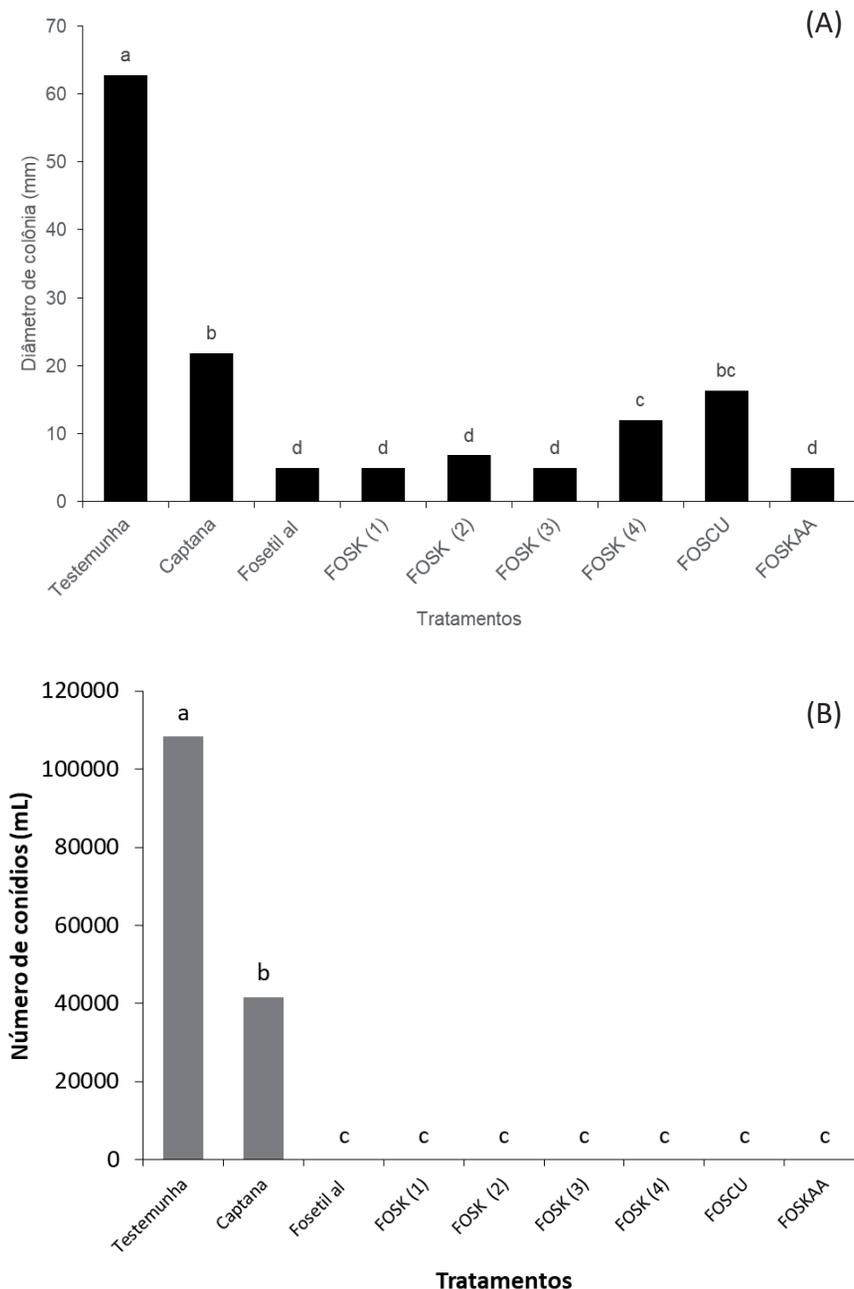
O delineamento experimental em campo foi em blocos casualizados com quatro repetições por tratamento, sendo que cada unidade experimental foi composta por uma planta. O delineamento utilizado nos demais experimentos foi inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento em casa de vegetação. Nos ensaios *in vitro* e *in vivo* foram cinco repetições/tratamento, sendo a parcela experimental constituída por uma placa ou seis frutos. Os dados dos testes *in vitro* e em frutos, para a avaliação do diâmetro das lesões em frutos, foram submetidos à análise da variância e ao teste de Tukey

a 5% de probabilidade de erro. Nos demais experimentos os dados foram submetidos à análise da variância e ao teste Duncan a 5% de probabilidade de erro. Todas as análises foram realizadas com o ambiente "R" versão 3.5.3. (R CORE TEAM, 2018).

## Resultados e discussão

Todos os tratamentos reduziram a produção de conídios (62 a 100%) e o crescimento micelial (65 a 92%) de *N. ditissima* em comparação à testemunha aos 21 dias após o início da incubação. Entre os tratamentos, captana, utilizado como controle positivo, foi o que demonstrou menor controle sobre o crescimento micelial e maior produção de conídios de *N. ditissima* em meio BDA (Figura 1). Os dados do presente estudo comprovam que as distintas formulações de fosfitos têm ação fungistática sobre *N. ditissima*, pois o fungo não cessou completamente o seu crescimento em nenhum dos tratamentos. Resultados semelhantes foram obtidos por Araujo et al. (2008, 2010) em testes com fosfitos incorporados em meio de cultura sobre a velocidade de crescimento micelial e o diâmetro das colônias de *Colletotrichum gloeosporioides*. Pulverizações de fosfitos de potássio de formulações 00-40-20 e 00-30-20, aos 45 dias anteriores à colheita, reduziram significativamente o número de unidades formadoras de colônias de *Cryptosporiopsis perennans* na superfície das maçãs 'Pink Lady' no momento da colheita (SPOLTI et al., 2015). Este efeito direto dos fosfitos sobre propágulos de *C. perennans* foi semelhante a captana controle positivo no trabalho de Spolti et al. (2015). Em suma, todos os fosfitos testados apresentaram efeito direto sobre *N. ditissima* em condições *in vitro*.

Os tratamentos fosetil al e fosfito FOSK (1) 40-20 promoveram maiores níveis de redução da incidência de podridão e tamanho de lesão nos frutos em comparação à testemunha. Somente os controles positivos fosetil al e captana e o tratamento FOSK (1) 40-20 reduziram de forma significativa a incidência



**Figura 1.** Diâmetro de colônia (A) e concentração de conídios (B) de *Neonectria ditissima* em meio BDA (Batata-Dextrose-Ágar) com diferentes com diferentes formulações e marcas de fosfitos aos 21 dias após o início da incubação. Médias com mesmas letras indicam que não há diferença estatística (Tukey;  $p \leq 0,05$ ).

Nota: Testemunha (somente água); FOSK (1) = Fosfito de potássio (Scudero PHOS K®); FOSK (2) = Fosfito de potássio (Phytogard®); FOSK (3) = Fosfito de potássio (Fitofos-K Plus®); FOSK (4) = Fosfito de potássio (Reforce PK®); FOSCU = Fosfito de potássio (Fosfito Cobre®); FOSKAA = Fosfito de potássio com aminoácido (Optimus®)

Figure 1. Colony diameter (A) and conidia concentration (B) of *Neonectria ditissima* in PDA medium with different formulations and phosphites at 21 days after the start of incubation. Means with identical letters indicate that there is no statistical difference (Tukey;  $p \leq 0.05$ ).

Note: Control (water only); FOSK (1) = Potassium Phosphite (Scudero PHOS K®); FOSK (2) = Potassium Phosphite (Phytogard®); FOSK (3) = Potassium Phosphite (Fitofos-K Plus®); FOSK (4) = Potassium Phosphite (Reforce PK®); FOSCU = Potassium Phosphite (Phosphite Copper®); FOSKAA = Potassium Phosphite with Amino Acid (Optimus®)

de podridão em frutos em 51, 30 e 44%, respectivamente. No controle positivo, fosetil al (30,4%) e tratamentos FOSK (1) 40-20 (37,0%), FOSK (2) 40-20 (32,9%) e FOSKAA 30-20 (38,4%) foi observada redução no diâmetro das lesões em frutos em comparação à testemunha (Figura 2). Esses dados confirmam que alguns fosfitos podem controlar as podridões do CEM mesmo em frutos com fermento. Também em laboratório, Reuveni et al. (2003) verificaram reduções de 45 a 100% no diâmetro da podridão em frutos de maçã cultivar 'Red Delicious' inoculados com *Alternaria alternata* e tratados com diferentes doses de fosfito de potássio nos fermentos artificiais. Em estudo de campo conduzido em Israel, três aplicações foliares de fosfito no estágio de início da floração até a queda das pétalas reduziram em 60% o número de frutos 'Red Delicious' infectados por *A. alternata*, sendo este nível de controle tão eficaz quanto o fungicida padrão difenoconazol no controle da doença (REUVENI et al., 2003). Já no Brasil a incidência de frutos com infecções latentes de podridão olho de boi (causada por *C. perennans*) detectadas 30 dias após a incubação foi reduzida em 35% pela aplicação dos fosfitos no período final de maturação. Nos experimentos *in vitro*, Spolti et al. (2015) também confirmaram que as diferentes formulações de fosfitos inibiam diretamente o desenvolvimento de *C. perennans*. Nossos dados confirmam que a formulação 40-20 (0%(N)-40%(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)-20%(K<sub>2</sub>O)) pode ser usada para controle de podridões do CEM.

Todos os tratamentos apresentaram altos índices de controle do CEM sobre o número de cancos nos fermentos de folhas (66,7 a 100%) e poda (16,7 a 100%), e reduziram de forma significativa a incidência (46,1 a 100%) e necrose interna (57,9 a 100%) em comparação à testemunha, com exceção ao controle positivo Fosetil Al. Todas as formulações e marcas de fosfitos testadas apresentavam índices de controle sobre o CEM semelhante ao controle positivo captana (Figura 3). Em casa de vegetação, Araujo et al. (2008, 2010) demonstraram re-

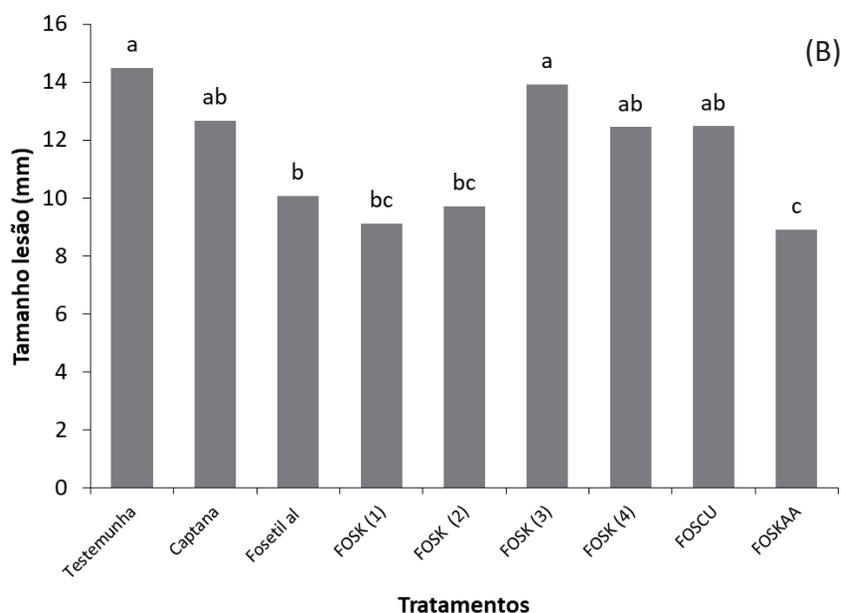
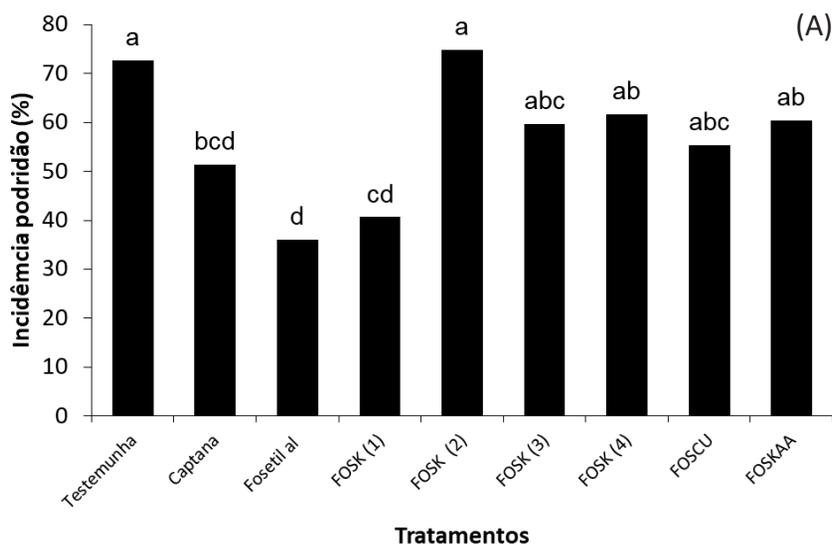


Figura 2. Incidência de podridão do cancro europeu da macieira (A) e diâmetro de lesão (B) em frutos de 'Fuji' tratadas com diferentes formulações e marcas de fosfitos antes da inoculação com *Neonectria ditissima* em condições de laboratório. Médias com mesmas letras indicam que não há diferença estatística (Tukey;  $p \leq 0,05$ )

Nota: Testemunha (somente água); FOSK (1) = Fosfito de potássio (Scudero PHOS K®); FOSK (2) = Fosfito de potássio (Phytogard®); FOSK (3) = Fosfito de potássio (Fitofos-K Plus®); FOSK (4) = Fosfito de potássio (Reforce PK®); FOSCU = Fosfito de potássio (Fosfito Cobre®); FOSKAA = Fosfito de potássio com aminoácido (Optimus)

Figure 2. Incidence of European canker rot (A) and lesion diameter (B) in 'Fuji' fruits treated with different formulations and trademark of phosphites before inoculation with *Neonectria ditissima* under laboratory conditions. Means with the same letters indicate that there is no statistical difference (Tukey;  $p \leq 0,05$ )

Note: Control (water only); FOSK (1) = Potassium Phosphite (Scudero PHOS K®); FOSK (2) = Potassium Phosphite (Phytogard®); FOSK (3) = Potassium Phosphite (Fitofos-K Plus®); FOSK (4) = Potassium Phosphite (Reforce PK®); FOSCU = Potassium Phosphite (Phosphite Copper®); FOSKAA = Potassium Phosphite with Amino Acid (Optimus)

duções de 90 e 62% sobre a severidade da mancha foliar de *Glomerella* quando pulverizados de forma curativa às 24 e 48 h após a inoculação com *Colletotrichum* spp., respectivamente. Em casa-de-vegetação, aplicações preventivas de fosfitos sete dias antes da inoculação com *Venturia inaequalis* apresentaram alto índice de controle sobre a sarna da macieira (62%) e promoveram aumento nas concentrações de moléculas relacionadas a mecanismos de defesa, como ácido salicílico, ácido protocatecuico e epicatequina (FELIPINI et al., 2016).

Em ensaio de campo, todos tratamentos reduziram de forma significativa o número de cancos (47,9 a 87,9%) em comparação a testemunha, com exceção ao tratamento controle positivo foseetil al e FOSK (2) 40-20. Todos fosfitos com exceção ao FOSK (2) 40-20 apresentaram níveis de controle do CEM semelhante ao controle positivo captana (Figura 4). Os resultados do presente estudo diferem dos obtidos por Smith et al. (2019) que afirmaram que aplicações de fosfitos (de uma a três) no período de pós-colheita não tinham qualquer efeito sobre o CEM em pomares neozelandeses de macieira do cultivar 'Scilate'. Diversos trabalhos têm demonstrado o potencial dos fosfitos para o manejo das doenças da macieira, devido provavelmente aos distintos modos de ação deste produto sobre os diferentes patógenos (DALIO et al., 2012; HAILEY & PERCIVAL, 2014). Na Inglaterra, Hailey & Percival (2014) também verificaram que aplicações de diferentes formulações de fosfitos em um pomar de macieira 'Golden Delicious' reduziram a severidade da sarna em folhas e frutos em índices de controle semelhantes ao fungicida padrão penconazole. No Brasil Araujo et al., (2020) afirmaram que, entre doze bioestimulantes testados isoladamente em intervalos de sete a dez dias (entre setembro e novembro), somente os fosfitos FOSK (1) e FOSK (3) reduziram a incidência da sarna da macieira em folhas e frutos 'Gala'. Nossos experimentos em casa de vegetação e campo, confirmam que os fosfitos também reduzem os níveis de doença no patossistema

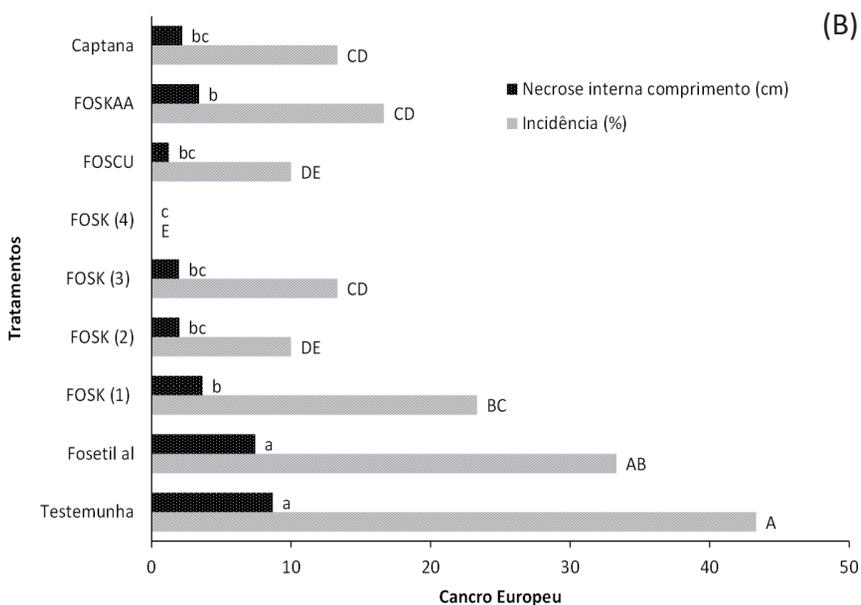
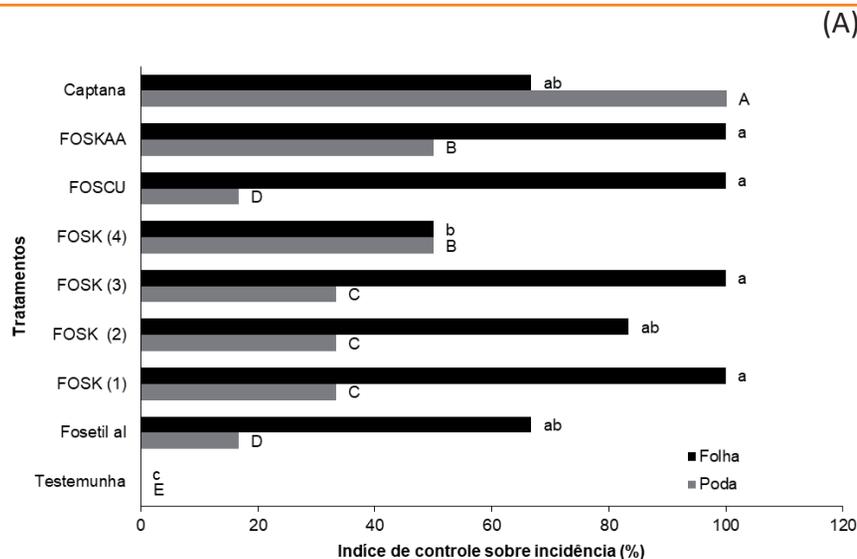


Figura 3. Índice de controle sobre o número de lesões em ferimentos de poda e queda de folhas (A), e incidência de cancro europeu e comprimento da necrose interna (B) em plantas de macieira tratadas com diferentes formulações e marcas de fosfitos antes da inoculação com *Neonectria ditissima* em condições de casa de vegetação. Médias com mesmas letras minúsculas e maiúsculas indicam que não há diferença estatística (Duncan;  $p \leq 0,05$ )

Nota: Testemunha (somente água); FOSK (1) = Fosfito de potássio (Scudero PHOS K®); FOSK (2) = Fosfito de potássio (Phytogard®); FOSK (3) = Fosfito de potássio (Fitofos-K Plus®); FOSK (4) = Fosfito de potássio (Reforce PK®); FOSCU = Fosfito de potássio (Fosfito Cobre®); FOSKAA = Fosfito de potássio com aminoácido (Optimus®).

Figure 3. Index control on the number of lesions in pruning and leaf fall wounds (a), and European canker incidence and length of internal necrosis (b) in apple plants treated with different phosphite formulations and trademark before inoculation with *Neonectria ditissima* under greenhouse conditions. Means with the same lowercase and uppercase letters indicate that there is no statistical difference (Duncan;  $p \leq 0.05$ )

Note: Control (water only); FOSK (1) = Potassium Phosphite (Scudero PHOS K®); FOSK (2) = Potassium Phosphite (Phytogard®); FOSK (3) = Potassium Phosphite (Fitofos-K Plus®); FOSK (4) = Potassium Phosphite (Reforce PK®); FOSCU = Potassium Phosphite (Phosphite Copper®); FOSKAA = Potassium Phosphite with Amino Acid (Optimus®)

*macieira-N. ditissima*, provavelmente devido ao triplo modo de ação destes produtos sobre patógenos de plantas (DALIO et al., 2012). Assim, baseado no presente estudo algumas marcas e formulações de fosfitos podem contribuir para o manejo das epidemias do CEM nos pomares catarinenses no período de pré e pós-colheita e queda de folhas da macieira.

## Conclusões

- Os resultados deste estudo demonstram que os fosfitos reduzem os sintomas do CEM a níveis comparáveis aos fungicidas padrões captana e fosetil al.

- A formulação e marca comercial devem ser considerados no momento da escolha do fosfito a ser utilizado.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e à Fapesc pelo suporte financeiro. Aos técnicos da Epagri Iran Souza Oliveira e Arthur Oliveira Souza pelo suporte técnico.

## Referências

ARAÚJO, L.; BORSATO, L.C.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R.M.; STADNIK, M.J. Fosfito de potássio e ulvana no controle da mancha foliar da gala em macieira. **Tropical Plant Pathology**, Lavras, v.33, n.2, p. 74-80, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-56762008000200009>.

ARAUJO, L.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R.M.; STADNIK, M.J. Avaliação de formulações de fosfito de potássio sobre *Colletotrichum gloeosporioides in vitro* e no controle pós-infeccional da mancha foliar de *Glomerella* em macieira. **Tropical Plant Pathology**, Lavras, v.35, n.1, p. 054-059, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-56762010000100010>.

ARAUJO, L.; BISPO, W.M.S.; RIOS, V.S.; FERNANDES, S.A.; RODRIGUES, F.A. Induction of the phenylpropanoid pathway by acibenzolar-s-methyl and potassium phosphite increases mango resistance to *Ceratocystis fimbriata* infection. **Plant Disease**, Minneapolis, v.99, n.4, p.447-459, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-08-14-0788-RE>.

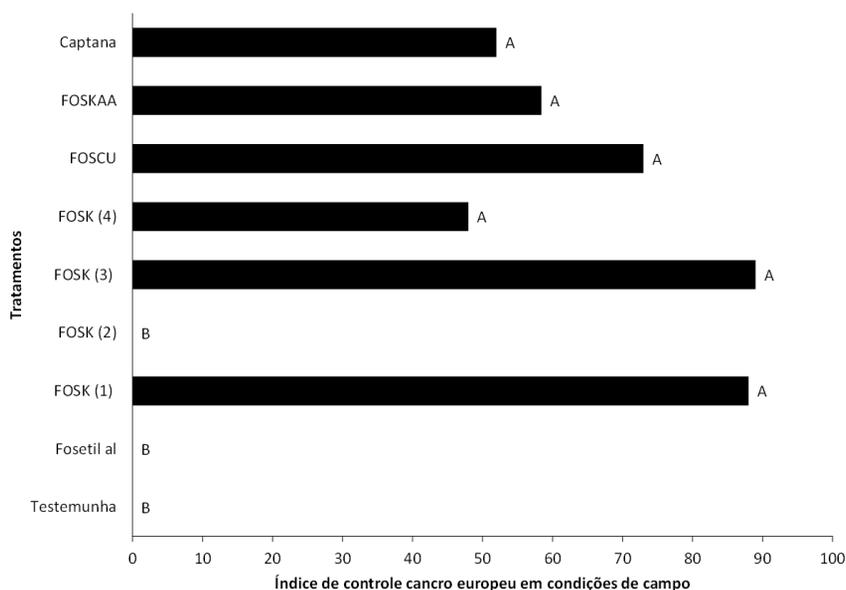


Figura 4. Índice de controle sobre número de cancrios (%) causados por *Neonectria ditissima* em ramos de plantas de macieira submetidas a diferentes tratamentos após a colheita, início, meio e final do período de queda de folhas, e 30 dias após queda total em condições de campo. Médias com mesmas letras indicam que não há diferença estatística (Duncan;  $p \leq 0,05$ )

Nota: Testemunha (somente água); FOSK (1) = Fosfito de potássio (Scudero PHOS K®); FOSK (2) = Fosfito de potássio (Phytogard®); FOSK (3) = Fosfito de potássio (Fitofos-K Plus®); FOSK (4) = Fosfito de potássio (Reforce PK®); FOSCU = Fosfito de potássio (Fosfito Cobre®); FOSKAA = Fosfito de potássio com aminoácido (Optimus®)

Figure 4. Control index on the number of cankers (%) caused by *Neonectria ditissima* in branches of apple plants submitted to different treatments after harvest, after harvest, beginning, beginning and end of the total fall period under field conditions. Averages with letters indicate that there is no statistical difference (Duncan;  $p \leq 0,05$ ). Caption: Control (water only); FOSK (1) = Potassium Phosphite (Scudero PHOS K®); FOSK (2) = Potassium Phosphite (Phytogard®); FOSK (3) = Potassium Phosphite (Fitofos-K Plus®); FOSK (4) = Potassium Phosphite (Reforce PK®); FOSCU = Potassium Phosphite (Phosphite Copper®); FOSKAA = Potassium Phosphite with Amino Acid (Optimus®)

ARAUJO, L.; MEDEIROS, H. A. Principais doenças e seu controle. In: SEZERINO, A.A. (Org.) **Sistema de produção para a cultura da macieira em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2018. 136p. (Sistema de produção, 50). Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/solucoes/publicacoes/sistema-de-producao/>. Acesso em: 14 mar. 2020.

ARAUJO, L.; PINTO, F.A.M.F.; VIEIRA J.S. Situação do cancro europeu no Brasil. In: S.A.M. ALVES, A.B.C. CZERMAINSKI (Eds.), **O cancro europeu no Brasil**, (1st ed., pp. 33–42). Brasília, DF, Brazil: Embrapa, 2019.

ARAUJO, L., PINTO, F.A.M.F., VIEIRA, J.S., PASA, M.S., VALDEBENITO-SANHUEZA, R.M.,

STADNIK, M.J. Uso de bioestimulantes para o manejo da Sarna da Macieira em pomares. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.33, n.3, p.60-66, 2020. DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v33i3.751>.

CEPA- Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola. **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina 2018-2019**. Epagri (Ed.), Florianópolis, p. 200. Disponível em: [https://docweb.epagri.sc.gov.br/website\\_cepa/publicacoes/Sintese\\_2018\\_19.pdf](https://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/Sintese_2018_19.pdf). Acesso em: 11 fev. 2022.

DALIO, R.J.D.; RIBEIRO JUNIOR, P.M.; RESENDE, M.L.V.; SILVA, A.C.; BLUMER, S.; PEREIRA, V.F.; OSWALD, W.; PASCHOLATI, S.F.P. O triplo modo de ação dos fosfitos em plantas. **Re-**

**visão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.20, p.206-243, 2012.

FELIPINI, R.B.; BONETI, J.I.; KATSURAYAMA, Y.; NETO, A.C.R.; VELEIRINHO, B.; MARASCHIN, M.; DI PIERO, R.M. Apple scab control and activation of plant defence responses using potassium phosphite and chitosan. **European Journal Plant Pathology**, Switzerland, v.145, n.1, p.929–939, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10658-016-0881-2>.

HAILEY, L.E.; PERCIVAL, G.C. Comparative assessment of phosphite formulations for apple scab (*Venturia inaequalis*) control. **Arboriculture & Urban Forestry**, Atlanta, v.40, n.4, p.237–243, 2014. DOI: <https://doi.org/10.48044/jauf.2014.024>.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2018. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 01 out. 2021.

REUVENI, M.; SHEGLOV, D.; COHEN, Y. Control of moldy-core decay in apple fruits by  $\beta$ -aminobutyric acids and potassium phosphites. **Plant Disease**, Minneapolis, v.87, n.8, p.933-936, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.8.933>.

SMITH, J.T.; WALTER, M.; CAMPBELL, R.E.; TURNER, L. Can phosphorous acid be used to control *Neonectria ditissima* in New Zealand grown apples? **New Zealand Plant Protection**, Auckland, v.72, p.117-122, 2019. DOI: <https://doi.org/10.30843/nzpp.2019.72.279>.

SPOLTI, P.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R.M.; CAMPOS, A.D.; DEL PONTE, E.M. Modo de ação de fosfitos de potássio no controle da podridão olho de boi em maçã. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.41, n.1, p.42-48, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/1982>.

# Hidrodinâmica de depuradora de média escala para moluscos bivalves com ensaios de distribuição do tempo de detenção hidráulica

Luis Hamilton Pospissil Garbossa<sup>1</sup>, Felipe Matarazzo Suplicy<sup>2</sup>, Douglas Ismael Cadornin<sup>3</sup> e Katt Regina Lapa<sup>4</sup>

**Resumo** – A determinação da função da distribuição do tempo de residência e o ensaio com traçadores podem ser empregados para descrever o comportamento hidrodinâmico de um volume. É possível avaliar se a água está bem distribuída dentro de um tanque, ou se há caminhos preferenciais e zonas mortas. Esta técnica foi aplicada para avaliar se a hidrodinâmica de um tanque de depuração de moluscos, construído fora das especificações recomendadas, proporciona uma boa distribuição e renovação da água dentro do seu volume. A água salgada foi usada como traçador em um ensaio com estímulo em degrau e a concentração de sal foi medida continuamente em pontos distintos do tanque. O resultado para o tempo médio de residência foi de 33 minutos, próximo ao valor teórico esperado e a eficiência volumétrica do tanque é, praticamente, igual a 1. Os resultados indicam que todo o volume do tanque está em uso e que a água é bem distribuída com baixa ocorrência de fluxos preferenciais ou zonas mortas. O sistema também apresentou capacidade de manter a concentração de oxigênio dissolvido e temperatura adequadas. A técnica utilizada nesse estudo pode ser empregada para avaliar tanques construídos fora das recomendações internacionais ou que apresentem desempenho ruim.

**Termos para indexação:** Depuração; Fluidodinâmica; Sensores.

## Hydrodynamics of a medium scale depuration system for bivalve molluscs with hydraulic detention time distribution experiment

**Abstract** – The determination of the residence time distribution function and the test with tracers can be used to describe the hydrodynamic behavior of a vessel. It is possible to assess whether the water is well distributed within a tank, or whether there are short-circuits and dead zones. This technique was applied to evaluate if the hydrodynamics of a mollusk depuration tank, built outside the recommended specifications, provides a good distribution and renewal of water within its volume. Salt water was used as a tracer in a step tracer experiment. The salt concentration was measured continuously at different points inside the tank. The result for the average residence time was 33 minutes, close to the theoretical value and the volumetric efficiency of the tank is practically equal to 1. The results indicate that the entire volume of the tank was used and that the water is well distributed with low occurrence of short-circuits or dead zones. The system also showed the ability to maintain an adequate dissolved oxygen concentration and temperature. The technique used in this study can be used to evaluate tanks built outside the international recommendations or presenting poor performance.

**Index terms:** Depuration; Fluid dynamics; Sensors.

## Introdução

O estado de Santa Catarina é conhecido como o principal produtor de ostras do Brasil, com uma produção de mais de 16.200t de moluscos bivalves em 2020 (INFOAGRO, 2020) e uma demanda significativa pela garantia da qualidade da carne dos moluscos.

Nas fazendas marinhas, os moluscos bivalves se alimentam filtrando o material em suspensão disponível na água.

Boa parte do alimento ingerido pelos moluscos é formado por algas microscópicas. Porém, se o local onde os moluscos são cultivados estiver contaminado, eles podem filtrar e acumular microrganismos capazes de causar doenças nas pessoas que os consumirem (SOUZA et al., 2021).

Existem dois tipos de processos entre os mais usados para redução de riscos de infecção por microrganismos patogênicos relacionada ao consumo de moluscos que devem ser realizados

no processamento de moluscos: o tratamento térmico com o cozimento dos animais e a depuração. Ambos são feitos para eliminar os microrganismos (SOUZA et al., 2021).

A depuração de bivalves é um processo no qual os moluscos são colocados em tanques, com um fluxo de água que passa por um sistema de esterilização, onde permanecem até que eliminem os microrganismos patogênicos de seu aparelho digestivo pela liberação das fezes que ficam depositadas no fundo dos

Recebido em 22/03/2022. Aceito para publicação em 05/07/2022.

<https://doi.org/10.52945/rac.v35i2.1451>

<sup>1</sup> Engenheiro, PhD, Epagri/Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (Ciram), 88034-901 Florianópolis, SC, fone (48) 3665-5162, e-mail: luisgarbossa@epagri.sc.gov.br.

<sup>2</sup> Biólogo, PhD, Epagri/Ciram, 88034-901 Florianópolis, SC, e-mail: felipesuplicy@epagri.sc.gov.br.

<sup>3</sup> Engenheiro de aquicultura, Paraíso das Ostras, Florianópolis, SC, e-mail: douglas\_cadorin@hotmail.com.

<sup>4</sup> Professora, PhD, UFSC/Centro de Ciências Agrárias/Departamento de Aquicultura, Florianópolis, SC, e-mail: katt.lapa@ufsc.br.

tanques. A depuração é considerada um meio eficiente para reduzir os riscos de doenças relacionadas à poluição fecal, sendo amplamente empregada em diferentes países. Seu funcionamento adequado exige, no entanto, que variáveis físico-químicas e biológicas estejam controladas (LEE et al., 2008).

Existem recomendações gerais para a construção de tanques que visam garantir a circulação adequada da água no interior da depuradora (LEE et al., 2008; SEAFISH, 2018a; SEAFISH, 2018b). Contudo, os autores observam que em Santa Catarina é usual que sejam construídos tanques de depuração fora dos padrões recomendados por desconhecimento do assunto, indisponibilidade de área adequada ou falta de orientação. Também é possível que, mesmo com as recomendações gerais de construção atendidas, o sistema não atinja a eficiência desejada.

Nestes casos, é preciso avaliar se o sistema apresenta valores adequados para as variáveis físico-químicas de interesse e se proporciona circulação de água apropriada. Dentre as principais variáveis físico-químicas para avaliar a eficiência das depuradoras podemos citar o oxigênio dissolvido, a salinidade, a temperatura, a turbidez e a vazão. A atividade filtradora dos moluscos depende da temperatura da água do mar e dos níveis adequados de oxigênio dissolvido. Se, por exemplo, a temperatura da água do mar for muito alta, os moluscos poderão desovar ou morrer e, portanto, temperaturas máximas recomendadas para cada espécie não devem ser ultrapassadas (SEAFISH, 2018b). Tais temperaturas dependem da espécie, das condições reprodutivas do molusco e da estação do ano. As variáveis citadas anteriormente podem ser controladas e monitoradas de forma direta com equipamentos apropriados. Contudo, é de extrema importância que o comportamento hidrodinâmico do tanque esteja adequado e esta avaliação não pode ser feita diretamente como os outros parâmetros físico-químicos. Deve-se garantir que ocorra a renovação e a distribuição eficiente da água nos tanques, visando minimizar caminhos preferenciais e zonas mortas.

A água em uma depuradora pode seguir diversas rotas através do volu-

me útil. Isso influencia o tempo médio de residência ( $t_m$ ) da água no sistema, o qual é um ótimo indicador do grau de mistura e, conseqüentemente, de renovação da água no tanque. Um método muito utilizado na análise de reatores na indústria química para descrever o comportamento fluidodinâmico é realizar ensaio para obter a função da curva  $E_{(t)}$ , da distribuição do tempo de residência (DTR) que descreve a distribuição do tempo do fluido dentro de um tanque. Neste estudo, este método foi testado para avaliar a renovação de água em um tanque de depuração de moluscos construído fora das recomendações. As recomendações se referem à relação comprimento versus largura do tanque, sistema de distribuição da água de recirculação, sistema de coleta da água e encaminhamento para desinfecção (SEAFISH, 2018a).

A DTR é determinada de maneira experimental pela injeção de um produto químico inerte, molécula ou substância, denominada de traçador, e a subsequente medição contínua da sua concentração na saída do tanque (FOGLER, 2009). O traçador deve atender a algumas exigências, ele deve ser não reativo, facilmente detectável, ter propriedades físicas semelhantes à do conteúdo do tanque, ser completamente solúvel na mistura e não pode ser adsorvido pelos materiais dentro da depuradora. No caso deste experimento, que usa organismos vivos, o traçador não pode ser tóxico para os moluscos.

Os dois métodos de ensaio com traçador são a injeção por estímulo em pulso e a injeção por estímulo em degrau. Neste texto está detalhado o método de estímulo em degrau conforme apresentado por Levenspiel (1999) e Fogler (2009), o qual deve atender duas condições: 1) A concentração na saída ( $C_{sai}$ ) do traçador deve ser igual a zero no tempo  $t_0$  do experimento; e 2) A  $C_{sai}$  deve variar de acordo com a concentração de entrada ( $C_0$ ) após iniciado o experimento:

$$C_{sai}(t) = 0 \quad t < 0 \quad (1)$$

$$C_{sai}(t) \rightarrow C_0 \quad t \geq 0 \quad (2)$$

A fração do efluente que permaneceu no tanque por um período menor

que um determinado valor de tempo ( $t$ ) é igual à soma de todo tempo menor que  $t$  na  $E_{(t)}\Delta t$ . Quando realizado ensaio de estímulo em pulso, integra-se a função entre o tempo zero (0) e  $t$  para obter função de distribuição cumulativa  $F(t)$ :

$$F(t) = \int_0^t E(t) dt \quad (3)$$

No caso deste experimento, de estímulo em degrau, a  $F(t)$  é obtida experimentalmente e é possível obter  $E_{(t)}$  pela seguinte expressão:

$$E(t) = \frac{dF}{dt} = \frac{d}{dt} \left[ \frac{C_{sai}(t)}{C_0} \right]_{\text{degrau}} \quad (4)$$

Por meio da curva da função  $E_{(t)}$  é possível identificar problemas relacionados ao escoamento, tais como zonas mortas e caminhos preferenciais. A DTR normalizada é obtida pela substituição da variável  $t$  pelo tempo adimensional ( $\theta$ ) calculado pela seguinte expressão:

$$\theta = \frac{t}{\tau} \quad (5)$$

$$E_{(\theta)} = \tau E_{(t)} \quad (6)$$

O  $t_m$  dado pela equação 7 é um importante parâmetro para caracterização do tempo de permanência do fluido dentro de um tanque e pode ser comparado ao tempo de detenção hidráulico teórico ( $\tau$ ) no qual, para reatores ideais,  $t_m$  e  $\tau$  serão idênticos.

$$t_m = \int_0^{\infty} tE(t) dt \quad (7)$$

Segundo Fogler (2009), além dos parâmetros apresentados anteriormente, é usual avaliar o DTR usando instantes específicos ao invés de comparar toda a distribuição. Três momentos são usualmente usados, o primeiro é o  $t_m$ , o segundo é a variância ( $\sigma^2$ ) ou o quadrado do desvio-padrão e o terceiro a assimetria.

A partir do  $\tau$  e do  $t_m$  é possível calcular a eficiência volumétrica do tanque (eV). A eV indica se foi feito o uso de todo o volume útil do tanque e é definida como a razão entre o  $t_m$  e o  $\tau$  teórico (PERSSON et al., 1999).

Segundo Fogler (2009), a maioria dos modelos matemáticos usa combinações de reatores ideais para descrever curvas DTR de tanques não ideais. Os dois rea-

tores ideais normalmente usados são o reator de mistura completa (RMC) e o reator de fluxo em pistão (RFP). O modelo de tanques em série (TES) ou RMC em série é um modelo uniparamétrico amplamente utilizado na literatura para caracterizar escoamentos (TOSON et al., 2019) e foi escolhido para este trabalho devido a sua simplicidade para ser aplicado no apoio à avaliação de depuradoras.

O parâmetro a ser resolvido no modelo TES é o número “ $n$ ” de tanques em série que se adéqua à curva DTR e pode ser resolvido analiticamente usando a equação:

$$\eta = \frac{\tau^2}{\sigma^2} \quad (8)$$

A curva DTR para  $n$  tanques em série é descrita pela equação:

$$E(t) = \frac{t^{\eta-1}}{(\eta-1)! \tau_i^\eta} e^{-t/\tau_i} \quad (9)$$

Na equação  $\tau_i$  é o tempo de residência para um tanque,  $\tau_i = \tau/n$ .

O trabalho foi realizado em um tanque de depuração construído fora das recomendações para a relação largura e comprimento e para o sistema de distribuição e coleta da água de recirculação, com o objetivo de obter a DTR e a curva de distribuição cumulativa. Estas informações permitem subsidiar avaliação de seu comportamento hidrodinâmico e identificar se existem zonas mortas ou caminhos preferenciais da água. Em função do formato da curva é possível indicar ajustes necessários ao tanque. O experimento permite identificar o potencial de uso desta técnica para avaliação da renovação de água em outras depuradoras.

## Material e métodos

O experimento foi realizado na cidade de Florianópolis (SC) em uma depuradora de média escala para moluscos bivalves (Figura 1). O desenho esquemático da Figura 2 apresenta o fluxograma básico de funcionamento da depuradora. Para o experimento de determinação do comportamento hidrodinâmico da depuradora as unidades usadas foram o reservatório, a válvula de controle, o tanque de depuração e a bomba de recirculação. A principal

adaptação realizada para viabilizar o ensaio foi a inclusão de uma tubulação de descarte na saída da bomba, a qual está destacada em vermelho no diagrama da Figura 2. O sistema como um todo dispõe de bomba de recalque de água do mar com filtro, bomba de recirculação com filtro, unidade de desinfecção e trocador de calor.

Um cuidado importante com o ensaio com traçador com estímulo em degrau é garantir uma concentração constante do líquido afluente ao sistema. Logo, para preparar o sistema para o ensaio, o reservatório foi preenchido com água do mar com volume suficiente para renovar todo o volume de água do tanque por mais de três vezes o  $t_m$  e assim viabilizar o ensaio com estímulo em degrau. Isto foi feito para garantir

que a concentração de traçador (água salgada) na entrada do tanque de depuração fosse mantida constante até que a concentração no efluente do tanque esteja indistinguível ou próxima da  $C_0$ .

O tanque foi preenchido com as caixas de moluscos bivalves (*Crassostrea gigas*) encaixadas da mesma forma como a depuradora em estudo é operada (Figura 3), e o espaço vazio preenchido com água doce. Finalmente, foram instaladas as sondas multiparâmetros em 3 pontos do tanque (Figura 3). As sondas multiparâmetros usadas são da marca YSI, modelo Exo2 produzida na América do Norte e foram calibradas com água salgada e programadas para coletar dados de salinidade medida em PSU, condutividade medida em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , temperatura em  $^\circ\text{C}$ , turbidez medida



Figura 1. Depuradora de média escala para moluscos bivalves utilizada na avaliação da distribuição do tempo de residência (DTR)

Foto: Felipe M. Suplicy

Figure 1. Medium-scale scrubber for bivalve mollusks used in the evaluation of the residence time distribution (RTD)

Photo: Felipe M. Suplicy



Figura 2. Desenho esquemático das principais unidades da depurada. As tubulações do sistema foram adaptadas para permitir a realização do ensaio. A principal adaptação está destacada em vermelho, usada para descartar a água a ser substituída durante o experimento. Autor: Luis Hamilton P. Garbossa

Figure 2. Schematic drawing of the purification systems main units. The system pipes were adapted to allow the test to be carried out. The main adaptation is highlighted in red, used to discard water to be replaced during the experiment. Author: Luis Hamilton P. Garbossa

em NTU e oxigênio dissolvido medido em  $\text{mg.L}^{-1}$  a cada 30 segundos.

O ponto 1 é onde está localizada a tubulação, no fundo do tanque, para drenagem da água do sistema e é, também, o principal ponto de interesse, pois são os dados medidos neste ponto que são usados para os cálculos da hidrodinâmica do tanque. O protocolo de ensaio para determinação do comportamento hidrodinâmico exige que seja realizado o monitoramento contínuo do traçador somente no ponto de drenagem de fluido (água salgada) do tanque. Contudo, neste caso, optou-se por realizar medições em dois pontos adicionais do tanque, no centro e no vértice oposto na tentativa de identificar regiões de volume estagnado. A linha pontilhada em amarelo na Figura 3 destaca o local de entrada de água no tanque.

As dimensões do tanque ( $1,27\text{m} \times 2,43\text{m} \times 0,86\text{m}$ ) resultam em um volume total de  $2,654\text{m}^3$ . Contudo, para o experimento, é necessário calcular o volume útil do tanque que corresponde ao volume total subtraído do volume ocupado pelos materiais dentro do tanque. A estimativa de volume ocupado considerou as 60 caixas ( $0,107\text{m}^3$ ), a quantidade média de 7.200 ostras *Crassostrea*

*gigas* em tamanho comercial com dimensão média de  $8,5\text{cm}$  por  $4,8\text{cm}$  por  $2,5\text{cm}$  ( $0,242\text{m}^3$ ), o volume ocupado pelas 2 sondas totalmente submersas e uma parcialmente submersa ( $0,008\text{m}^3$ ). Isto resultou em um volume útil de água no tanque de  $2,298\text{m}^3$ .

Foram realizados três ensaios com intervalo de uma semana entre cada um deles. Para os ensaios com os traçadores a depuradora foi operada por 2 horas. A partir da curva  $F(t)$  obtida na saída do tanque foi realizado o cálculo conforme a equação (4) para gerar as curvas  $E(t)$  e a curva normalizada  $E(\theta)$ . Neste estudo foi usada a equação (9) para o modelo uniparamétrico de TES. O parâmetro resolvido para o modelo TES foi o número  $\eta$  de tanques em série que se adéqua à curva DTR e foi resolvido analiticamente pela equação (8).

Após o final dos ensaios hidrodinâmicos, uma sonda foi mantida na depuradora durante um ciclo operacional típico, sem a tubulação de descarte apresentada na Figura 2, para avaliar sua capacidade de manter os outros parâmetros físico-químicos estáveis. Ao mesmo tempo foi monitorada a temperatura da água do mar, próximo ao ponto de coleta de água usada na depuradora.

O teste Anova foi usado para avaliar se havia diferença estatística entre os três pontos de coleta e entre os três ensaios das diferentes semanas. Os testes estatísticos foram executados utilizando a linguagem de programação python e a biblioteca SciPy (VIRTANEN et al., 2020).

## Resultados e discussão

A primeira etapa do trabalho foi avaliar se houve diferença estatística entre os resultados das séries temporais obtidas nos três pontos dentro do tanque e diferença entre os resultados dos ensaios realizados em cada semana. As séries temporais de salinidade das sondas foram normalizadas para a realização dos testes estatísticos. A normalização foi necessária, pois as sondas, mesmo calibradas, apresentaram diferença de leitura de salinidade de até  $1,08\text{PSU}$  para uma mesma amostra de água do mar. O teste Anova mostrou que não houve diferença estatística entre os ensaios com valor de “p” de  $0,106$ . A Figura 4 apresenta todos os registros das três sondas para os ensaios realizados e as curvas resultantes contribuem para confirmar o resultado dos ensaios estatísticos, pois o formato destas é semelhante em todos os ensaios. Este resultado representa forte indicativo de que a água no tanque é bem distribuída e misturada, pois a salinidade apresentou valores similares nos três pontos do tanque ao longo dos ensaios.

A Figura 5 apresenta as curvas  $E(\theta)$  para os ensaios. Para garantir uma vazão constante da água do sistema foi necessário controlar o registro do reservatório de entrada de água durante os ensaios. Os ajustes necessários influenciaram a vazão de saída ocasionando comportamento oscilatório que pode ser observado nos dados da curva  $E(\theta)$  na Figura 5, mais visíveis a partir da metade dos ensaios.

O  $\tau$  recomendado para depuradoras varia em função da escala da depuradora e ainda há muita discussão sobre o assunto. Os valores propostos pela literatura apresentam grande variação e não há uma regra clara a estabelecer forma de seleção do  $\tau$ . No Reino Unido, a vazão recomendada para depuradoras de média escala ( $2.600\text{L}$ ) e grande escala ( $9.200\text{L}$ ), é de  $12,5\text{m}^3 \text{hora}^{-1}$  e



Figura 3. Vista superior do tanque da depuradora. Os círculos vermelhos marcam os locais onde as sondas multiparámetros foram instaladas com destaque para o Ponto 1, local de coleta da água no ponto de drenagem do tanque. A linha tracejada amarela marca o local de abastecimento de água no tanque

Foto: Luis Hamilton Pospissil Garbossa

Figure 3. Top view of the depuration system tank. The red circles mark the places where the multi-parameter probes were installed, highlighting Point 1, where the water was collected at the tank's drainage point. The yellow dashed line marks the water supply location in the tank

Photo: Luis Hamilton Pospissil Garbossa

de  $9,5\text{m}^3 \text{ hora}^{-1}$ , respectivamente. Para os volumes apresentados na literatura representa um  $\tau$  de 13 e 58 minutos, respectivamente (SEAFISH, 2018a; SEAFISH, 2018b). Nos Estados Unidos da América o  $\tau$  máximo é de 9 min, enquanto no Japão há recomendações de, aproximadamente, 30min para depuradora equivalente à média (LEE et al., 2008). Neste trabalho o  $\tau$  teórico da depuradora resultou em 32,5min, ou seja, próximo aos valores recomendados pela literatura. Destaca-se que este valor é apenas uma referência, pois existem fatores, como espécie de molusco, características da água, região climática, entre outros, que irão influenciar no funcionamento da depuradora.

O  $t_m$  obtido nos ensaios foi de 32,6,

32,4 e 33,9, respectivamente, para os ensaios 2, 3 e 4. Quando há diferença significativa entre o  $t_m$  e o  $\tau$ , é forte o indício de presença de volumes mortos e fluxos preferenciais, o que não ocorreu neste tanque. Para este tanque, o  $eV$  é praticamente igual a 1,00 para os três ensaios, o que significa um forte indício de que todo o volume do tanque está em uso, ou seja, é um indicador de pouca anomalia no sistema. O tempo médio de detenção hidráulica é próximo aos tempos teóricos e todos os ensaios apresentaram um  $t_m$  muito próximo do valor teórico, indicando uma alta eficiência volumétrica.

Quando há grande mistura a variância é tão grande quanto o  $t_m$  do tanque (FOGLER, 2009). Ou seja  $\sigma^2 = \tau^2$ . No

nosso caso a relação entre a média das variâncias obtidas nos ensaios e o  $t_m$  apresentou valor de 0,86, o que é um outro indicativo de boa distribuição e mistura da água no sistema, característico de RMC. Adicionalmente, quanto mais assimétrica a curva DTR, mais próximo a um RMC o sistema real em questão se comporta (FOGLER, 2009).

Na teoria de reatores podemos obter um fluxo ideal teórico de duas maneiras, através de um RMC ou de um RFP ideais. Levenspiel (1999) afirma que o método do modelo dos TES tem como base o parâmetro unitário  $\eta$  que representa o número de RMC a ser associado em série para que se obtenha um sistema de mistura completa. No ajuste do modelo, os valores de  $\eta$  variam entre 1 e infinito, representando nos extremos os RMC e RFP, respectivamente.

Os valores do parâmetro  $\eta$ , que representa o número de reatores em série, resultaram em 1,19; 1,18 e 1,07. As curvas resultantes podem ser vistas na Figura 6. A curva em vermelho representa o comportamento de um RMC ideal que corresponde a  $\eta = 1$ . As outras curvas são o resultado do modelo baseado em cada um dos ensaios. Os ensaios apresentaram valor médio de 1,14, ou seja, pouco desvio de um RMC.

Após o último ensaio hidrodinâmico, um ciclo completo de operação da depuradora com funcionamento típico foi monitorado. A depuradora foi capaz de manter uma temperatura média no tanque de  $18,52^\circ\text{C} \pm 0,91^\circ\text{C}$  e concentração de oxigênio dissolvido de  $6,09\text{mg L}^{-1} \pm 0,40\text{mg L}^{-1}$ . No Brasil, ainda não existem padrões de temperatura da água e de concentração de oxigênio dissolvido definidos nas normas para depuração de moluscos. Apesar disso, a concentração mínima de oxigênio dissolvido utilizada para aprovação de depuradoras pelas autoridades da Escócia é de 50% da saturação do oxigênio (FOOD STANDARDS AGENCY, 2008).

Naquele mesmo país as temperaturas recomendadas para depuração de *Crassostrea gigas* são entre 8 e 18°C (SEAFISH, 2018b). No entanto, estas temperaturas são indicadas para depuração de ostras em países de clima temperado como as ilhas britânicas, onde as temperaturas médias da água do mar são de 6 a 10°C no inverno e 15 a 20°C

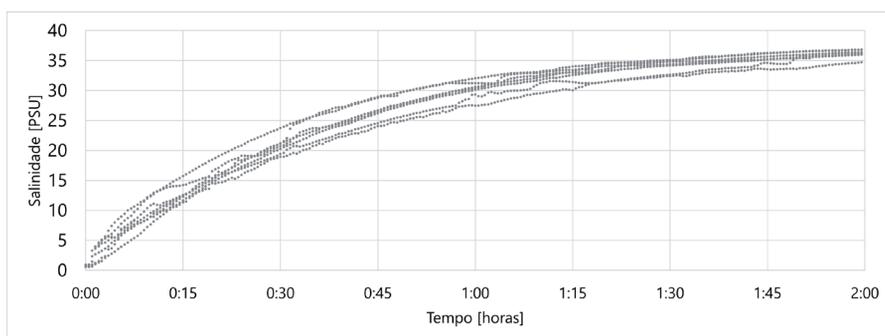


Figura 4. Dados das coletas de salinidade para os três pontos amostrais durante os três ensaios realizados com resultados similares para os diferentes ensaios e localizações. Estas curvas representam a curva F obtidas diretamente através do experimento

Figure 4. Salinity datasets for the three probes along the three tests performed, presenting similar results for the different tests and locations. These curves represent the F curve obtained directly through the experiment

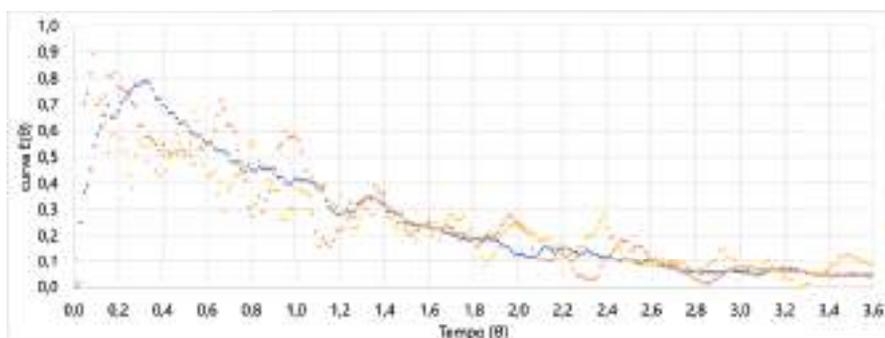


Figura 5. Dados convertidos da curva F para curva E(θ) com os resultados dos três ensaios (em cores diferentes) para um tempo de 3,6 vezes o  $\tau$  teórico que corresponde a, aproximadamente, 2 horas de ensaio

Figure 5. Datasets converted from the F curve to the E(θ) curve with the results of the three tests for a time of 3.6 times the theoretical  $\tau$ , which corresponds to, approximately, 2 hours of test

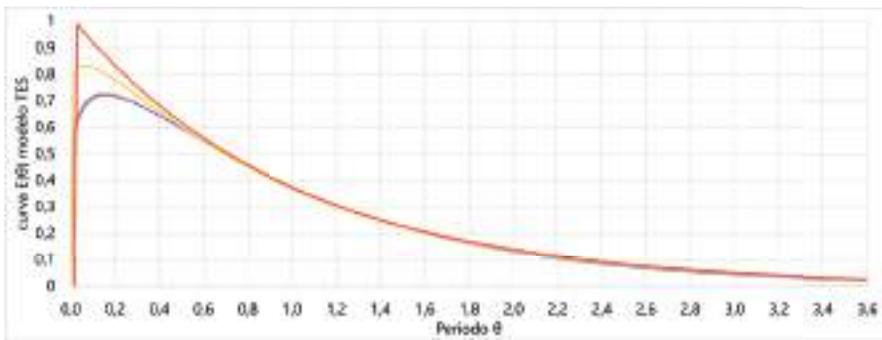


Figura 6. Três curvas  $E(\theta)$  dos ajustes médios do modelo uniparamétrico TES para cada um dos ensaios realizados e, em destaque curva em vermelho para um RMC ideal do modelo uniparamétrico TES

Figure 6. Three  $E(\theta)$  curves of the average fits of the uniparametric TES model for each of the tests performed and a red curve for an ideal RMC of the uniparametric TES model

no verão (WORLD SEA TEMPERATURES, 2022). Em Santa Catarina a temperatura média da água do mar tem uma menor variação, com mínima de 17°C no inverno e máxima de 29°C no verão. Durante o monitoramento do ciclo normal de operação da depuradora, a temperatura média da água do mar na região foi de 22,05°C ± 0,31°C, praticamente 3,5°C acima da temperatura de operação da depuradora.

As principais diferenças entre o tanque estudado e a referência na literatura (SEAFISH, 2018a) são a relação comprimento versus largura do tanque, o sistema de entrada e a distribuição de água e o sistema de coleta da água de recirculação.

Esse estudo se limitou a verificar se a depuradora em questão apresenta um comportamento hidrodinâmico adequado, renovação de água e se foi capaz de manter parâmetros físico-químicos dentro de faixas aceitáveis. A eficiência de purificação dos moluscos deverá ser avaliada por meio de estudos com análises microbiológicas de ostras colhidas em diferentes pontos dentro do tanque, antes, durante e após a depuração.

## Conclusão

Embora o tanque não atenda a todas as recomendações da literatura, ele se mostrou eficiente do ponto de vista hidrodinâmico, pois os resultados indicam baixa ocorrência de zonas mortas ou caminhos preferências e boa renovação e circulação da água. A depuradora estudada também apresentou capacidade de manter os outros parâmetros

físico-químicos, como oxigênio dissolvido e temperatura dentro dos valores desejados.

A técnica utilizada nesse estudo pode ser empregada para avaliar unidades construídas fora das recomendações internacionalmente adotadas ou que apresentem baixa eficiência de depuração para identificar se existe problema com a hidrodinâmica da unidade e a necessidade de realizar ajustes.

## Agradecimento

À empresa Paraíso das Ostras, por disponibilizar as instalações, o pessoal e os moluscos utilizados neste estudo.

## Referências

FOOD STANDARDS AGENCY. **Guidance for inspection of shellfish purification systems for local food authorities - Version 2**. In: *Bidh Alba: Scotland*, 2009, 44p. Disponível em: [https://www.foodstandards.gov.scot/downloads/Guidance\\_Document\\_3.pdf](https://www.foodstandards.gov.scot/downloads/Guidance_Document_3.pdf). Acesso em: 7 fev. 2022.

FOGLER, H.S. **Elementos de engenharia das reações químicas**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009, 888 p.

INFOAGRO. **Produção animal. Santa Catarina: INFOAGRO**, 2022. Available from: <https://www.infoagro.sc.gov.br/index.php/safra/producao-animal-2>. Acesso em: 8 jun. 2022.

LEE, R.; LOVATELLI, A.; ABABOUC, L. **Bi-valve depuration: fundamental and practical aspects**. *FAO Fisheries Technical Paper 511*, Roma, IT, 2008, 139p. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/>

card/en/c/91ea7200-8fdb-55ce-857b-a5816e157609/. Acesso em: 7 fev. 2022.

LEVENSPIEL, O. **Engenharia das reações químicas**. 3. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2000, 584 p.

PERSSON, J.; WONG, T.H.F.; SOMES, N.L.G. Hydraulic efficiency of constructed wetlands and ponds. **Water Science and Technology**, v.40, n.3, p.291–300, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0273-1223\(99\)00448-5](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(99)00448-5).

SEAFISH. **Seafish Standard Design Purification Systems: Operating Manual for the Medium Scale MultiLayer System**. *Seafish Report (SR)*, n.720, 2018a, 16p. Disponível em: <https://www.seafish.org/document/?id=5E428424-B074-423D-8170-5D2AF273845E>. Acesso em: 7 fev. 2022.

SEAFISH. **Seafish Standard Design Purification Systems: Operating Manual for the Large Scale MultiLayer System**. *Seafish Report (SR)*, n.719, 2018b, 18 p. Disponível em: <https://www.seafish.org/document/?id=16A5F4E3-A5C9-4FCF-85DD-B8BF9FE92BE0>. Acesso em: 7 fev. 2022.

SOUZA, R.V.; SUPPLICY, F.M.; NOVAES, A.L.T. **Depuração de moluscos bivalves**. Florianópolis, SC, 2021, 70 p. (Epagri. Boletim Didático, 160). Disponível em: [https://docweb.epagri.sc.gov.br/website\\_epagri/Cedap/Publicacao-Seriada/17-Pub\\_seriada-maricultura-ostra-depuracao.pdf](https://docweb.epagri.sc.gov.br/website_epagri/Cedap/Publicacao-Seriada/17-Pub_seriada-maricultura-ostra-depuracao.pdf). Acesso em: 8 fev. 2022.

TOSON, P.; DOSHI, P.; JAJCEVIC, D. Explicit Residence Time Distribution of a Generalised Cascade of Continuous Stirred Tank Reactors for a Description of Short Recirculation Time (Bypassing). **Processes**, v.7, n.9, 615. p.1-13, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr7090615>. Acesso em: 2 fev. 2022.

VIRTANEN, P.; GOMMERS, R.; OLIPHANT, T.E.; HABERLAND, M.; REDDY, T.; COURNAPEAU, D.; BUROVSKI, E.; PETERSON, P.; WECKESSER, W.; BRIGHT, J.; VAN DER WALT, S.J.; BRETT, M.; WILSON, J.; MILLMAN, K.J.; MAYOROV, N.; NELSON, A.R.J.; JONES, E.; KERN, R.; LARSON, E.; CAREY, C.J.; POLAT, I.; FENG, Y.; MOORE, E.W.; VANDERPLAS, J.; LAXALDE, D.; PERKTOLD, J.; CIMRMAN, R.; HENRIKSEN, I.; QUINTERO, E.A.; HARRIS, C.R.; ARCHIBALD, A.M.; RIBEIRO, A.H.; PEDREGOSA, F.; VAN MULBREGT, P., *SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python*. **Nature Methods**, v.17, n.3, p.261-272, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41592-019-0686-2>.

**World Sea Temperatures**. Disponível em: <https://www.seatemperature.org/europe/united-kingdom/>. Acesso em: 18 fev. 2022

# Tolerance of lowland rice (*Oryza sativa*) genotypes to heat stress at anthesis

Natalia Maria de Souza<sup>1</sup>, Luis Sangoi<sup>2</sup> and Rubens Marschalek<sup>3</sup>

**Abstract** – Global warming is occurring all over the world and climate changes are likely to affect agriculture by raising the frequency of weather events with very high and very low temperatures, which will increase the risks for food production. This study aimed to evaluate the effect of heat stress at anthesis on the agronomic performance of modern Brazilian lowland rice genotypes. The varieties SCS124 Sardo, SCS122 Miura, SCS121 CL, SCS116 Satoru, SCSBRS Tio Taka, Epagri 109 and the inbreds SC 491 ME, SC 676, SC 792, SC 806, SC 817, SC 849 were tested. At anthesis, plants which received heat stress treatment were transferred to a growth chamber for four days at temperatures of 38°C (day) and 30°C (night). After that, they were returned to a greenhouse, remaining there until harvest, under temperatures of about 25°C. Spikelet sterility ranged from 4.0 to 84.1%. Yield varied from 10.2 to 101.2g pl<sup>-1</sup>. Heat stress increased spikelet sterility and decreased grain production. The inbreds SC 817 and SC 806 showed the lowest percentage of spikelet sterility and the highest yield under thermic stress and are promising genotypes to generate tolerant cultivars to high temperatures at anthesis.

**Index terms:** *Oryza sativa*; Anthesis; Heat stress; Sterility; Yield.

## Tolerância de genótipos de arroz irrigado (*Oryza sativa*) ao estresse por calor na antese

**Resumo** – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do estresse térmico (calor) na antese sobre o desempenho agrônômico de genótipos brasileiros modernos de arroz irrigado. As variedades SCS124 Sardo, SCS122 Miura, SCS121 CL, SCS116 Satoru, SCSBRS Tio Taka, Epagri 109 e as linhagens SC 491 ME, SC 676, SC 792, SC 806, SC 817, SC 849 foram avaliadas. Na antese, as plantas correspondentes ao tratamento de estresse por calor foram transferidas para uma câmara de crescimento por quatro dias sob temperaturas de 38°C (dia) e 30°C (noite). Em seguida, voltaram à casa de vegetação, onde permaneceram até a colheita sob 25°C aproximadamente. A esterilidade de espiguetas variou de 4,0 a 84,1%. A produtividade variou de 10,2 a 101,2g pl<sup>-1</sup>. O estresse térmico aumentou a esterilidade das espiguetas e diminuiu a produção de grãos. As linhagens SC 817 e 806 apresentaram menor porcentagem de esterilidade de espiguetas e maior produção sob estresse de calor, sendo, portanto, genótipos promissores para gerar cultivares tolerantes a altas temperaturas na antese.

**Termos para indexação:** *Oryza sativa*; Antese; Estresse por calor; Esterilidade; Produtividade.

## Introduction

Global warming is occurring all over the world and the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) observed a 0.3°C rise in temperatures every 10 years. Some studies indicate that if temperatures increase by 1°C, rice yields would decrease by 10% (BUU et al., 2021), whereas others estimate that the increasing temperature could reduce rice production by 41% at the end of the 21<sup>st</sup> century (KHAN et al., 2019). Heat stress has become increasingly important as a yield-limiting factor and the increased frequency of short-term but extremely high temperatures is particularly damaging (BUU et al., 2021). One of these high temperature events was reported in Santa Catarina at

the 2009/2010 growing season. During eight consecutive days, in February 2010, maximum temperatures varied from 35°C to 40°C, which resulted in yield and quality losses in lowland rice in Santa Catarina (EBERHARDT, 2010).

High temperature negatively impacts all stages of rice growth but anthesis is the most susceptible stage. Temperatures above 35°C during anthesis cause irreversible damage to crops, harming the fertilization of spikelets (PRASAD et al., 2017, SOSBAI, 2018, BUU et al., 2021). High temperatures also inhibit photosynthesis and protein synthesis, increase respiration, and decrease enzymatic activity. These physiological changes hamper grain production and reduce crop yields (CUADRA et al., 2015, PRASAD et al., 2017). A review on heat

stress tolerance in rice was recently written (BUU et al., 2021)

The damages related to high temperatures are similar to the injuries observed by the incidence of low temperatures. Both thermal stresses increase spikelet sterility and reduce pollen grain viability, directly affecting kernel development and decreasing the number of grains per panicle (SARSU et al., 2018, KHAN et al., 2019; BUU et al., 2021). Other effects of high temperature are lower assimilate partitioning in kernels and decreased grain filling stages, which can harm rice grain quality by reducing their amylose content and lead to white-back kernels (BUU et al., 2021).

Heat stress response in rice is a complicated process which is regulated

Received on 25/11/2021. Accepted for publication in 09/05/2022.

<https://doi.org/10.52945/rac.v35i2.1354>

<sup>1</sup> Agronomist, PhD Student at Santa Catarina State University – UDESC/CAV, Av. Luiz de Camões, 2090, 88520-000, Lages – SC – Brazil. e-mail: naty\_natynatalia@hotmail.com

<sup>2</sup> Professor at Santa Catarina State University – UDESC/CAV, Av. Luiz de Camões, 2090, 88520-000, Lages – SC – Brazil. e-mail: luis.sangoi@udesc.br

<sup>3</sup> Agronomist, Dr.sc.agr (Plant Breeder), Epagri - Itajaí Experiment Station, Rod Antônio Heil, n. 6800, 88318-112, Itajaí, SC. e-mail: rubensm@epagri.sc.gov.br

by numerous proteins in different metabolic pathways. Moreover, the genetic basis of heat tolerance in rice is generally unknown. Heat stress usually induces the synthesis of heat shock proteins, which are universally observed in rice leaves. A cold shock protein was also induced in response to high temperatures in rice anthers. Some advances have been made in validating some heat tolerant genes (XIONG, 2013; KHAN et al., 2019)

Different strategies could be used to enhance rice tolerance to extreme temperatures, one of which is selecting genetically resistant genotypes by breeding (KHAN et al., 2019). However, temperature is an unpredictable and difficult factor to use in breeding programs to select for tolerant varieties. Nevertheless, some progress has been made, for example, in a similar way, in developing cold tolerant rice varieties in Hokkaido (SHINADA et al., 2013). The same efforts can be made for heat tolerance and therefore, it is important to design methodologies which can evaluate the tolerance of rice genotypes to heat stresses in the field and under controlled conditions. Conventional breeding is probably the best approach to dealing with heat tolerance, as transgenic efforts for this trait have failed to release any commercial cultivars in the last 20 years (BUU et al., 2021).

This study aims to evaluate the effect of controlled heat stresses during the anthesis of lowland rice genotypes to identify those which tolerate high temperatures. Heat stress is commonly defined as an increase in temperature above a threshold for a certain length of time which causes irreversible damage to the growth and development of plants, whereas the heat tolerance of a plant is its capacity to produce economical yield and show normal growth under high temperatures by adjusting their structural or metabolic properties (KHAN et al., 2019).

## Material and methods

The experiment was conducted at the Itajaí Experiment Station (Epagri - Santa Catarina State Agricultural Research and Rural Extension Agency) during the 2018/19 growing season. The

trial was set in buckets (experimental units) capable of conditioning 8kg of soil. The experimental design was entirely randomized. Treatments were arranged in a three-factorial grid (12x2x2) with three replications. The first factor corresponded to the genotypes; the second factor, to the application or not of thermal stress and the third factor, to the repetition of the experiment at different times.

In total, 12 genotypes were evaluated: six cultivars (Epagri 109, SCSBRS Tio Taka, SCS116 Satoru, SCS121 CL, SCS122 Miura, and SCS124 Sardo) and six inbred lines (SC 491 ME, SC 676, SC 792, SC 806, SC 817, and SC 849). All genotypes belong to the *indica* subspecies, have late cycles, and were developed by Epagri or Epagri/Embrapa. The initial approach involved looking for genotypes which could face high temperature stresses. This initial group of genotypes was assembled considering their tolerance or susceptibility to another extreme abiotic stress, i.e., cold, in previous studies or observations. The inbred lines had already been chosen by its good cold tolerance in trials conducted by the Epagri rice breeding program from about 2010 up to now (SOUSA et al., 2017; STÜRMER et al., 2019; MARSCHALEK et al., 2019).

Sowing was performed in wooden boxes filled with a substrate composed of sand and clay. Five grams of seeds of each genotype were placed in lines in the boxes. After that, seeds were covered with substrate and watered. Sowing was done on 06/11/2018 and 08/14/2018 for the first and second experiment, respectively. After 10 days of seeding, eight seedlings of each genotype were transplanted to each bucket but only one plant/bucket was left in the V6 stage (COUNCE et al., 2000).

The six buckets for each genotype (in each experiment) were grown in a greenhouse at an average temperature of 25°C and average relative humidity of 70% from transplant to anthesis. At the beginning of anthesis, three buckets (out of six) from each genotype were subjected to a temperature of 38°C during the day and 30°C at night for four days, with a photoperiod of 12 hours of light (day)/12 hours of dark (night), and a relative air humidity of 55% in a growth

chamber (made by Instalafrio – Pinhais – PR – Brazil). Each genotype had its three control buckets maintained during the whole crop cycle in the greenhouse. A similar methodology was developed in a study by Sarsu et al. (2018).

In this study, heat stress occurred between 10/01/2018 and 10/15/2018, and 11/12/2018 and 12/05/2018 for the first and second experiments, respectively. Stress began to be imposed in the growth chamber as panicles started emerging from the flag leaf, a characteristic observed between the end of stage R2 and the beginning of stage R3 (COUNCE et al., 2000). After heat stress was imposed, plants were returned to a greenhouse, in which they remained until maturity. Harvests were performed on 11/16/2018 and 01/20/2019 for the first and second experiments, respectively.

At the end of the crop cycle, tillers were harvested, and the panicles were manually threshed. Full spikelets were separated from empty ones using a forced air blower and subsequently counted (Contador – by Pfeuffer, Germany) and weighed. The following variables were determined: spikelet sterility, by counting full and empty spikelets and determining the percentage of empty spikelets; grain yield, by weighing full spikelets masses; 1,000-grain masses; and genotype tolerance to high temperatures at anthesis, by comparing the results of heat stress treatments with the respective three control buckets of each genotype which remained at the greenhouse.

Data were statistically evaluated by variance analysis using the Assisat Software Version 7.7 (SILVA & AZEVEDO, 2016). F values for treatment effects were considered at a 5% significance level ( $P < 0.05$ ). When significant, averages were compared by the Scott-Knott test at 5% significance level.

## Results and discussion

The analysis of variance for spikelet sterility and grain production per plant indicated a significant triple interaction among genotype x replication x heat stress. That means that the genotypes responded differently according to heat stress application and experiment

repetition. Thus, there was a need to unfold the interaction to evaluate the influence of these factors for each genotype. Table 1 shows the results.

Analysis of variance showed significant double interactions between genotype x repetition, genotype x temperature (heat stress/control), and repetition x temperature (heat stress/control) for 1,000-grain masses. Experiment repetition also impacted this variable differently with or without heat stress, regardless of genotype.

Regarding the range of spikelet sterility - from 4.0 and 84.1% (Table 1a) - inbreeds SC 817 and SC 806 showed the lowest sterility values under heat stress. Their percentage of empty spikelets at harvest was smaller than 26%, varying from 7.3 to 11.5% for the SC 806. The good performance of the two inbreed lines under heat stress resembles the spikelet sterility from Stürmer et al. (2019) found when they were exposed to low temperatures at crop microsporogenesis. Besides, in field trials at high altitudes (500-600m), the six experiments conducted (from crop season 2013/2014 to 2018/2019), published at CBAI by Marschalek et al. (2015, 2017 and 2019) by Epagri indicate that these two lines usually show high yields, validating their adaptability for colder areas, i.e., under potential temperature stress. This may indicate the existence of a similar or overlapping tolerance mechanism to extreme temperatures in the reproductive period of the crop, regardless of whether it is high or low, as Jagadish et al. (2010), Xiong (2013), and Baliuag et al. (2015) reported. Therefore, the results from SC 806 are especially promising since its low spikelet sterility is even lower than the classical N22 line, reported to be 29%, which the literature recognizes as one of the genotypes which best tolerates high temperatures (KHAN et al., 2019). Other Epagri cultivars (SCS) (Table 1a) showed high levels of sterility under high stress temperatures, indicating the risk for rice production if these events occur.

For grain yield per plant (Table 1b), inbreeds SC 806 and SC 817 showed the highest grain yields (weight/plant-bucket) at heat stress treatments. These genotypes also had the lowest spikelet sterility (Table 1a), contributing to their

Table 1. (a) Lowland rice genotype spikelet sterility and (b) grain production per plant (bucket) subjected to heat stress for four days at anthesis in relation to control. Itajaí-SC, 2018/2019

Tabela 1. (a) Esterilidade de genótipos de arroz irrigado e (b) produção de grãos por planta (balde) (b) submetidos à estresse por calor na antese, durante 4 dias, em relação à testemunha (controle). Itajaí-SC, 2018/2019

<b>a) SPIKELET STERILITY (%)</b>				
<b>Genotypes</b>	<b>Stress 1<sup>1/</sup></b>	<b>Control 1<sup>1/</sup></b>	<b>Stress 2<sup>2/</sup></b>	<b>Control 2<sup>2/</sup></b>
SCSBR5 Tio Taka	84.1 aA*	19.0 dC	54.6 bA	31.2 cA
Epagri 109	82.7 aA	41.3 bA	34.5 bB	27.0 bA
SCS122 Miura	78.2 aA	12.9 cC	25.4 bC	10.2 cB
SC 676	71.1 aB	15.0 bC	20.2 bC	23.0 bA
SC 792	61.1 aB	10.3 cC	33.4 bB	18.0 cB
SC 491 ME	59.4 aB	19.1 bC	20.0 bC	15.8 bB
SCS121 CL	51.0 aC	9.6 cC	36.7 bB	17.9 cB
SC 849	46.5 aC	11.4 bC	25.9 bC	18.6 bB
SCS116 Satoru	41.0 aC	30.0 bB	46.0 aA	34.3 bA
SCS124 Sardo	36.3 aC	42.9 aA	30.7 bB	24.6 bA
SC 817	25.1 aD	18.3 aC	11.6 bD	9.4 bB
SC 806	7.3 bE	26.9 aB	11.6 bD	4.0 bB
CV% = 23.91				
<b>b) GRAIN YIELD (g pl<sup>-1</sup>)</b>				
<b>Genotypes</b>	<b>Stress 1<sup>1/</sup></b>	<b>Control 1<sup>1/</sup></b>	<b>Stress 2<sup>2/</sup></b>	<b>Control 2<sup>2/</sup></b>
SC 806	101.2 aA*	63.0 bA	76.3 bA	90.0 aA
SC 817	64.3 aB	61.4 aA	75.8 aA	74.7 aA
SCS116 Satoru	56.4 bB	47.3 bB	49.3 bB	77.2 aA
SCS124 Sardo	47.6 aC	30.8 aB	41.7 aB	34.4 aB
SC 491 ME	45.8 bC	67.9 aA	82.2 aA	67.0 aA
SCS121 CL	45.3 bC	70.6 aA	59.2 bB	76.5 aA
SC 849	37.7 aC	62.2 aA	57.4 aB	63.4 aA
SC 792	30.6 bC	68.7 aA	54.7 aB	63.2 aA
SC 676	30.5 bC	72.8 aA	82.7 aA	63.5 aA
SCS122 Miura	20.9 bD	61.7 aA	62.7 aB	85.0 aA
Epagri 109	13.8 cD	37.6 bB	55.9 aB	64.3 aA
SCSBR5 Tio Taka	10.2 cD	69.0 aA	35.8 bB	48.8 aB
CV% = 24.85				

<sup>1/</sup> First experiment repetition – sown on 06/11/2018. Heat treatment with 12 hours of light at 38°C (day)/12 hours of darkness (night) at 30°C in a growth chamber. Control at 25°C day/night in a greenhouse.

<sup>2/</sup> Second experiment repetition – sown on 08/14/2018. The same settings for light/darkness and temperature as the first experiment.

\* Average followed by the same letter, lowercase in the line and uppercase in the column, fail to differ by the Scott-Knott test at the 5% significance level.

higher grain production. Thus, since spikelet sterility alone is an unreliable criterion to access heat tolerance - according to Khan et al. (2019) - SC806 especially shows its undoubted tolerance by having the best values for both traits.

Inbreeds SC817 and SC849 and the cultivar SCS124 Sardo showed no differences between the performed treatments (Table 1b). The other genotypes showed variation between at least one treatment (stress application or experiment repetition).

Cultivars SCS121 CL, SCSBRS Tio Taka, SCS116 Satoru, and SCS122 Miura showed susceptibility to high temperatures during anthesis (Table 1), with generally lower grain production under heat stress than their controls (Table 1b).

Regarding 1,000-grain mass variance analysis, the genotypes significantly differ, which is expected, as well as the two experiments (repetitions), the interaction between genotype and experiment repetition, and the interaction between genotype and temperature (Tables 2 and 3), in which one only genotype has a different 1,000-grain mass (higher mass under temperature stress). So, the genotypes failed to significantly differ for this variable between stressed plants and the control, showing that heat stress during anthesis was unable to reduce 1,000-grain masses, regardless of genotype. The thermic stress group failed to significantly differ from control, showing that temperatures are unable to affect 1,000-grain masses, whereas they differed in two previous experiments (1 and 2) which, nonetheless, involved a different set of genotypes and five different temperatures (SOUZA, 2020). Souza (2020) confirms that maximum temperatures of 38°C at anthesis for four days failed to significantly modify 1,000-grain masses, which will occur at 40°C and 42°C.

The mass of 1,000 grains is established between the stages R4 (anthesis) and R8 stages (grain physiological maturity), according to the scale of Counce et al. (2000). Climatic conditions especially affect it during this period (SOSBAI, 2018). The plants which underwent heat stress remained for four days under high temperatures

Table 2. Mass of 1,000 grains of lowland rice genotypes subjected to heat stress for four days at anthesis in relation to control. Itajaí-SC, 2018/19

*Tabela 2. Massa de 1000 grãos de genótipos de arroz irrigado submetidos à estresse por calor durante quatro dias na antese, comparada com a testemunha. Itajaí-SC, 2018/2019*

MASS OF 1,000 GRAINS (g)		
Genotypes	Heat treatment <sup>1/</sup>	Control <sup>2/</sup>
SC 676	27.0 aA*	26.6 aA
SC 491	27.0 aA	25.4 aB
SCS121 CL	26.9 aA	27.1 aA
SCS116 Satoru	26.8 aA	26.0 aB
Epagri 109	26.7 aA	25.3 aB
SC 806	26.3 aA	25.5 aB
SC 849	26.0 aA	27.3 aA
SC 817	25.9 aA	25.2 aB
SC 792	24.6 aB	25.2 aB
SCS124 Sardo	24.1 aB	22.1 bC
SCSBRS Tio Taka	23.9 aB	25.4 aB
SCS122 Miura	23.7 aB	24.9 aB
CV% = 5.62		

<sup>1/</sup> Heat treatment with 12 hours of light (day) at 38<sup>o</sup>/12 hours of darkness (night) at 30°C in the growth chamber.

<sup>2/</sup> Control at 25°C day/night in a greenhouse.

\* Average followed by the same letter, lowercase on the line and uppercase on column, fail to differ by the Scott-Knott test at the 5% significance level.

Table 3. Average 1,000-grain mass of 12 irrigated rice genotypes subjected to heat stress for four days at anthesis in relation to control. Itajaí-SC, 2018/2019

*Tabela 3. Massa média de 1000 grãos de 12 genótipos de arroz irrigado submetidos à estresse por calor na antese, em relação à testemunha. Itajaí-SC, 2018/2019*

MASS OF 1,000 GRAINS (g)		
	Experiment 1 <sup>2/</sup>	Experiment 2 <sup>2/</sup>
Heat treatment <sup>1/</sup>	25.3 bA*	26.2 aA
Control <sup>1/</sup>	24.5 bB	26.6 aA
CV% = 5.62		

<sup>1/</sup> Heat treatment with 12 hours of light at 38°C (day)/12 hours of darkness at 30<sup>o</sup> (night) in the growth chamber. Control at 25°C day/night in the greenhouse.

<sup>2/</sup> Experiment 1 – sown on 06/11/2018. Experiment 2 – sown on 08/14/2018.

\* Average followed by the same letter, lowercase in the line and uppercase in the column, fail to differ by the Scott-Knott test at the 5% significance level.

at the beginning of anthesis. After that, they returned to the greenhouse joining the controls plants. Therefore, both treatments had the same climatic conditions during grain filling, which possibly contributed to the absence of significant differences in 1,000-grain masses between heat stressed plants and the controls.

Regardless of genotype, the 1,000-grain masses of the second experiment (sown 08/14/2018) failed to significantly differ despite heat stress treatment (Table 3). On the other hand, in the first experiment (sown 06/11/2018), the control plants presented lower 1,000-grain masses (24.5g) than those subjected to heat

stress (25.3g). The greater sterility which heat stress produced in the first replication may have contributed to this result, leading to heavier seeds. As the panicles of the heat-treated plants had fewer fertile spikelets, there was greater availability of photoassimilates to fill the remaining grains.

In general, higher sterility percentages were observed after stressing the plants in the first experiment than in the second one (Table 1a). Conversely, grain production per plant showed an inverse response, having lower values in the first experiment (Table 1b). This behavior was unexpected because the two experiments were conducted using the same methodology in the same way. However, due to the limited space in the growth chamber, sowing dates of the first and the second experiments differed by two months. Therefore, differences in sowing dates might have influenced plant growth and development, interfering in the impact of heat stress on spikelet sterility and grain yield.

The main aim of this study was to evaluate the effect of heat stress at anthesis in different lowland rice genotypes, seeking to identify high temperature tolerant genotypes. This objective was achieved, because important differences among genotypes were observed in spikelet sterility and grain production per plant when under heat stress. The inbreeds SC806 and SC817 demonstrated high productive potential and stability in their spikelet sterility percentages, both with the application of stress and in their controls. Therefore, they can generate cultivars which tolerate high temperature at anthesis. This will be probably the case for the SC806 since field experiments in high altitudes and other studies on cold tolerance and normal field trials have successfully tested this line. Therefore, and because of other suitable agronomical, qualitative, and industrial traits, SC 806 will be released soon (for growing season 2023/2024 probably) as a new rice variety tolerant to high and low temperatures stresses at the reproductive stages.

## Conclusions

The inbred lines SC806 and SC817 showed the lowest spikelet sterility and highest grain yield per plant under four-day heat (38°C) stress at anthesis. A temperature of 38°C fails to reduce the 1,000-grain mass of the tested lowland rice genotypes.

## Acknowledgements

To Epagri Technician Samuel Batista dos Santos.

## References

BUU, B.C.; CHAN, C.Y.; LANG, N.T. Molecular Breeding for Improving Heat Stress Tolerance in Rice: Recent Progress and Future Perspectives. *In*: HOSSAIN, M.A. et al. (Ed.). **Molecular Breeding for rice abiotic stress tolerance and nutritional quality**. Hoboken: Wiley Blackwell, 2021. p.92-119.

COUNCE, P.A., KEISLING, T.C., & MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v.40, n.4, p.436-443, 2000.

CUADRA, S.V., STEINMETZ, S., HEINEMANN, A.B., ALMEIDA, I.R. Impacto das mudanças climáticas sobre o desenvolvimento e produtividade do arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 19., 2015, Lavras. **Anais[...]** Lavras, 2015. p.377-386.

EBERHARDT, D.S. Altas temperaturas afetam produtividade e qualidade do arroz irrigado no estado. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.23, n.2, p.12, 2010.

JAGADISH, S.V.K., MUTHURAJAN, R., OANE, R., WHEELER, T.R., HEVER, S., BENNETT, J., CRAUFURD, P.Q. Physiological and proteomic approaches to address heat tolerance during anthesis in rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.61, n.1, p.143-156, 2010.

KHAN, S., ANWAR, S., ASHRAF, M.Y., KHALIQ, B., SUN, M., HUSSAIN, S., GAO, Z., NOOR, H., ALAM, S. Mechanisms and Adaptation Strategies to Improve Heat Tolerance in Rice. A Review. **Plants**, v.8, n.11, p.1-21, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants8110508>.

MARSCHALEK, R., SOUZA, N.M., WICKERT, E., ANDRADE, A., TERRES, L.R., MASSIGNAM, A.M., RICCE, W.S., SANGOI, L. Produtividade

de cultivares e linhagens de arroz irrigado em região de altitude, sujeita a baixas temperaturas, safras 2017/18 e 2018/19. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 11., 2019, Balneário Camboriú. **Anais[...]** Balneário Camboriú, 2019. p.129-132.

PRASAD, P.V.V., BHEEMANNAHALLI, R., JAGADISH, S.V.K. Field crops and the fear of heat stress – Opportunities, challenges and future directions. **Field Crops Research**, Netherlands, v.200, p.114-121, 2017.

SARSU, F., GHANIM, A.M.A., DAS, P., BAHUGUNA, R.N., KUSOLVA, P.M., ASHRAF, M., SINGLA-PAREEK, S.L., PAREEK, A., FORSTER, B.P., INGELBRECHT, I. **Pre-field screening protocols for heat-tolerant mutants in rice**. Switzerland: Springer, 2018. 51p.

SHINADA, H., IWATA, N., SATO, T., FUJINO, K. Genetical and morphological characterization of cold tolerance at fertilization stage in rice. **Breeding Science**, v.63, n.2, p.197-204, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1270/jsbbs.63.197>.

SILVA F.A.S., AZEVEDO, C.A.V. The Assisat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, Nigeria, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SOSBAI. **Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Cachoeirinha: Sosbai, 2018. 205p.

SOUZA, N.M. **Estresse por altas temperaturas na antese em genótipos de arroz irrigado**. 2020. 118f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, 2020.

SOUZA, N.M., MARSCHALEK, R., SANGOI, L., WEBER, F.S. Spikelet sterility in rice genotypes affected by temperature at microsporogenesis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.21, n.12, p.817-821, 2017.

STÜRMER, F.W., MARSCHALEK, R., SANGOI, L., SOUZA, N.M. Esterilidade de espiguetas e produção de grãos de genótipos de arroz irrigado submetidos a baixas temperaturas na microsporogênese. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.32, n.2, p.57-61, 2019. DOI: <https://doi.org/10.22491/RAC.2019.v32n2.8>

XIONG, L. Abiotic Stress Resistance. *In*: ZHANG, Q; WING, R.A. (Ed.). **Genetics and Genomics of Rice**. New York: Springer, 2013. p.205.

# Fusarium Head Blight and Deoxynivalenol: What is the relationship?

João Américo Wordell Filho<sup>1</sup>, Rafael Dal Bosco Ducatti<sup>2</sup> and Cristiano Nunes Nesi<sup>3</sup>

**Abstract** – Fusarium head blight (FHB), mainly caused by the fungus *Fusarium graminearum*, is one of the most common wheat diseases. Besides causing yield reduction, it is also associated with the accumulation of mycotoxins in kernels, especially deoxynivalenol (DON). This study was performed during the 2019 and 2020 harvest seasons and aimed at using different sowing dates, cultivars, and fungicide applications to help to increase yield and kernel quality (decrease in DON contamination). This study was performed with a randomized block design. Weak correlations ( $R < 0.50$ ) between FHB severity, incidence of *Fusarium* in kernels, and DON accumulation were observed. Fungicides helped to increase yields and achieve better hectoliter weight and weight of a thousand kernels, mainly in 2019 (the most humid year). Meteorological conditions affect yields and kernel quality. The use of fungicides promotes a good disease control response and can be considered a good tool to help farmers to achieve greater yields. The best way to predict DON accumulation would be analyzing the incidence of *Fusarium* in kernels.

**Index terms:** DON; *Fusarium graminearum*; Mycotoxins; Wheat.

## Giberela e Desoxinivalenol: Qual a relação?

**Resumo** – A Giberela, causada principalmente pelo fungo *Fusarium graminearum*, é uma das doenças mais comuns em trigo. Além de causar reduções na produtividade da cultura, também é responsável pelo acúmulo de micotoxinas, especialmente a desoxinivalenol (DON), em grãos de trigo. Este trabalho foi desenvolvido durante os anos agrícolas de 2019 e 2020, buscando avaliar a utilização de diferentes cultivares, diferentes datas de plantio e diferentes manejos com fungicidas para aumentar a produtividade e a qualidade dos grãos (menor incidência de DON). O trabalho foi conduzido sob esquema de blocos casualizados. Fracas correlações ( $R < 0,50$ ) entre a severidade da giberela, incidência de *Fusarium* nas sementes e acúmulo de DON foram observadas. O uso de fungicidas ajudou a aumentar a produtividade, o peso hectolitro e o peso de mil sementes do trigo, principalmente em 2019 (ano mais úmido). Condições meteorológicas afetam os rendimentos e a qualidade dos grãos. O uso de fungicidas exerce uma boa resposta no controle de doenças e pode ser considerado uma boa ferramenta para auxiliar agricultores a obter maiores produtividades. A melhor maneira de prever o acúmulo de DON seria analisando a incidência de *Fusarium* nos grãos.

**Termos para indexação:** DON; *Fusarium graminearum*; Micotoxinas; Trigo.

## Introduction

Fusarium head blight (FHB) is a disease that affects cereal crops worldwide and causes significant losses to farmers and industries because of yield reduction and reduction in kernel quality. This disease is caused mainly by the fungus *Fusarium graminearum* Schwabe (teleomorph: *Gibberella zeae* [Schweinitz] Petch) and its incidence in regions where the no-tillage system is used tends to be much more frequent because of the presence of a greater inoculum (WEGULO, 2012).

Besides yield reduction, which was about 60% to 70% in South American fields (RANDHAWA et al., 2019) and 18.6% to 39.9% in Brazilian fields (REIS et al., 2016), FHB also decreases kernel quality due to mycotoxin biosynthesis and accumulation by *F. graminearum* (BONFADA et al., 2019), which may reduce the commercial value of the crop up to 100% in many cases (MARIN et al., 2013). McMullen et al. (2012), in a review focusing on FHB in barley and wheat, showed that the United States of America lost about US\$ 7.67 billion due to the incidence of this disease from 1993 to 2001.

However, the presence of mycotoxins in cereal kernels increased attention of governmental agencies worldwide for the consequences that the intake of exaggerated amounts of mycotoxins can cause to humans and livestock (MARIN et al., 2013). The most problematic and recurrent mycotoxin found in winter cereals, such as wheat and barley, is deoxynivalenol (DON), also known as vomitoxin. DON is a type B trichothecene that is linked to vomiting disorders, weight loss, diarrhea, neurological/immunological problems, and other health problems (PINTON & OSWALD, 2014).

Received on 09/05/2022. Accepted for publication on 11/07/22.

<https://doi.org/10.52945/rac.v35i2.1469>

<sup>1</sup> Agronomist, Dr., Researcher, Research Center for Family Agriculture, Research and Rural Extension of Santa Catarina (Epagri/Cepaf). Rua Ferdinando Tusset, São Cristóvão, Chapecó, Santa Catarina, Brazil. 89801-970. E-mail: wordell@epagri.sc.gov.br.

<sup>2</sup> Agronomist, MSc., PhD student, Federal University of Technology – Paraná (UTFPR), Campus Pato Branco. Via do conhecimento, Km01, Fraron, Pato Branco, Paraná, Brazil. 85503-390. E-mail: rducatti@alunos.utfpr.edu.br.

<sup>3</sup> Agronomist, Dr., Researcher, Epagri/Cepaf. Chapecó, Santa Catarina, Brazil. 89801-970. E-mail: cristiano@epagri.sc.gov.br.

Mycotoxins (from the Greek words *mikes*, for “mold,” and *toxicum*, for “poison”) are considered the fungi venom and their biosynthesis is believed to be linked to fungi stress-response defense mechanisms against biotic and abiotic conditions (PONTS, 2015), including the use of fungicides.

Therefore, the use of inefficient fungicides to control specific fungi, such as *F. graminearum*, inefficient doses, and fungicides in inappropriate periods, besides the incidence of biotic and abiotic stresses, might contribute to higher mycotoxin biosynthesis and accumulation (WEGULO, 2012; BONFADA et al., 2019). This might be the reason why the correlation between the FHB incidence and DON in wheat and barley kernels tends to be weak (PONTE et al., 2012; WEGULO, 2012). Merhej et al. (2010) showed that *Fusarium* can be induced to synthesize more DON when stressed, varying the pH of the growth medium. It shows that similar amounts of *Fusarium* might synthesize different amounts of mycotoxins as a stress-response mechanism.

Understanding the problematic consequences of the FHB incidence and DON in cereal kernels, this study presents data from a two-year research performed in Southern Brazil with different amounts of fungicides (applications), cultivars, and sowing dates, aiming to 1) reduce FHB severity, 2) reduce DON accumulation in wheat kernels, and 3) raise crop yield.

## Material and Methods

This study was performed in Chapecó, SC, Brazil (altitude of 623m), during the 2019 and 2020 wheat harvest seasons. The study area is in a Cfa Köppen-Geiger climatic location (BECK et al., 2018) and presents a typical dystroferic red oxisol. BRS 374 (2019 and 2020) and ORS Agile (2020) were the wheat cultivars used. Both cultivars were sowed in a no-tillage field using 330 viable seeds m<sup>-2</sup>. In both years, 300kg ha<sup>-1</sup> 08-30-20 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O fertilizer were applied in the area at sowing and 45kg ha<sup>-1</sup> nitrogen were applied twice equally at the beginning and middle of the tillering stage.

The sowing was performed on two different dates in 2019 (June 28<sup>th</sup> and July 11<sup>th</sup>) and 2020 (June 16<sup>th</sup> and June 29<sup>th</sup>) in plots of 5 × 1m (length × width) and sowing lines spread 20cm apart from each other. Each plot was spread one meter apart from one another. Seed treatment was performed using the fungicide/nematicide Certeza<sup>®</sup> (0.2ml kg<sup>-1</sup> of seeds) and the insecticide Cruiser Opti<sup>®</sup> (0.25ml kg<sup>-1</sup> of seeds). The foliar disease control for the vegetative period was made during the stages of development: tillering (3.0), elongation (6.0), and booting (10.0), according to the Large's scale (1954). Fox XPro<sup>®</sup> (0.5l ha<sup>-1</sup>) + Aureo<sup>®</sup> (0.25l ha<sup>-1</sup>) were the fungicides used for stage 3.0, Ativum<sup>®</sup> (1.2l ha<sup>-1</sup>) + Assist<sup>®</sup> (0.5l ha<sup>-1</sup>) for stage 6.0; and Fox XPro<sup>®</sup> (0.5l ha<sup>-1</sup>) + Aureo<sup>®</sup> (0.25l ha<sup>-1</sup>) for stage 10.0 (Table 1).

During the flowering stage, three additional applications of fungicides were performed, spread seven days apart from each other, for the prevention/control of foliar/ear diseases, mainly FHB. These applications started in stage 10.5 (beginning of the flowering period). Bendazol<sup>®</sup> (0.6 l.ha<sup>-1</sup>) was the fungicide used for the first application and Tebufort<sup>®</sup> (0.75L ha<sup>-1</sup>) for the second and third applications (Table 1). All applications of fungicides (in the vegetative and reproductive stages) were performed using 250l ha<sup>-1</sup> of water

and a portable compressed CO<sub>2</sub> sprayer.

This study was performed under a randomized block design and composed of five treatments, two sowing dates, and four replicates. The treatments were: A (control: no fungicide application), B (fungicide application in stages 3.0, 6.0, and 10.0), C (fungicide application in stages 3.0, 6.0, and 10.0 and one additional application at the beginning of the flowering stage), D (fungicide application in stages 3.0, 6.0, 10.0 and two additional applications at the flowering stage), and E (fungicide application in stages 3.0, 6.0, and 10.0 and three additional applications at the flowering stage).

The severity of fusarium head blight (%) was evaluated every seven days from the beginning of the flowering stage until kernels reached their physiological maturity. For the evaluation of FHB severity, thirty randomly selected ears were analyzed and averaged according to the scale proposed by Stack & McMullen (2011). After harvest (on October 10<sup>th</sup> and November 11<sup>th</sup> 2019 and October 14<sup>th</sup> and 22<sup>nd</sup> 2020), all kernels were analyzed for their humidity (%) and the hectoliter weight (HW), weight of a thousand kernels (WTK), and yield (kg ha<sup>-1</sup>) were adjusted to a 13% moisture. One hundred kernels of each plot were sent to the lab to be pathologically

Table 1. Commercial products used during experiments, their active ingredients and concentrations

Tabela 1. Produtos comerciais usados durante os experimentos, seus princípios ativos e concentrações

Commercial product	Active ingredients
Certeza <sup>®</sup>	Thiophanate-methyl (350g.l <sup>-1</sup> ), Fluazinam (52.5g.l <sup>-1</sup> )
Cruiser Opti <sup>®</sup>	Lambda-Cyhalothrin (37.5 g.l <sup>-1</sup> ), Thiamethoxam (210 g.l <sup>-1</sup> ), Petroleum Naphtha (34.6 g.l <sup>-1</sup> )
Fox XPro <sup>®</sup>	Bixafen (125g.l <sup>-1</sup> ), Prothioconazole (175g.l <sup>-1</sup> ), Trifloxystrobin (150g.l <sup>-1</sup> )
Ativum <sup>®</sup>	Epoxiconazole (50g.l <sup>-1</sup> ), Fluxapyroxad (50g.l <sup>-1</sup> ), Pyraclostrobin (81g.l <sup>-1</sup> )
Bendazol <sup>®</sup>	Carbendazim (500g.l <sup>-1</sup> )
Tebufort <sup>®</sup>	Tebuconazole (200g.l <sup>-1</sup> )
Assist <sup>®</sup>	Mineral oil (756g.l <sup>-1</sup> )
Aureo <sup>®</sup>	Soybean oil methyl ester (720g.l <sup>-1</sup> )

analyzed for the presence of *F. graminearum*. Kernels were disinfected with NaClO (50%), transferred to a germ-box with BDA + antibiotic medium and incubated for seven days at 25 ± 2°C and a 12-hour photoperiod. Kernels were considered infected when mold growth was observed. The incidence of *F. graminearum* was expressed in percentage (%) of kernels contaminated. The quantification of deoxynivalenol was performed using 100g of kernels from each plot by the high sensitivity test Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) from Neogen®, Brazil (Veratox® HS – detection level of 25 ppb).

All data were assessed for their normality and the existence of outliers. When a normal distribution of the data was found, analysis of variance (ANOVA) was performed and their means, when significantly different, were compared by a Tukey HSD statistical test. When ANOVA assumptions were not satisfied, data were analyzed via Kruskal–Wallis and their means, when significantly different, were compared by the Mann–Whitney statistical test. Pearson correlations were performed between the variables “FHB severity × DON accumulation,” “FHB severity × incidence of *Fusarium* in kernels,” and “DON accumulation × incidence of *Fusarium* in kernels.” A contrast analysis was performed comparing DON global accumulation in treatments B, C, D, and E with the control treatment (A), regardless of the year, sowing date, and cultivar. All statistical analyses were performed via SAS JMP® Pro 14.0.0 (RRID:SCR\_014242).

## Results and discussion

Table 2 presents the meteorologic data of the study area during the 2019 and 2020 harvest seasons. Gray-shaded cells represent the most critical period for FHB incidence and development in wheat ears, going from the anthesis until the soft-dough stage of kernels (WEGULO, 2012). Therefore, constant rainfalls during these months might have contributed to higher FHB infestations in wheat plants. For instance, the 2019 harvest season presented much more

rainfall during the critical period for FHB incidence (465.6 mm) when compared with the 2020 harvest season (316.2 mm).

In the 2019 harvest season, yield was significantly different within each sowing date ( $p < 0.0001$ ), as well as between sowing dates ( $p < 0.0001$ ). Seeds sown earlier in 2019 generated plants with higher potential to achieve greater yields (Table 3). Moreover, in 2019, HW was significantly different within each sowing date ( $p < 0.0001$ ) and between sowing dates ( $p < 0.0001$ ). WTK was only significantly different within each sowing date ( $p < 0.0001$ ). In this same year, fungicides, regardless of the number of applications, increased yield, WTK, and HW.

On the other hand, in the 2020 harvest season, for both cultivars, yield, WTK and HW presented no significant differences within each sowing date, regardless of the treatment (Table 3). However, the cultivar BRS374 presented significant differences between sowing dates for the variables yield ( $p < 0.0001$ ), WTK ( $p < 0.0001$ ), and HW ( $p < 0.0001$ ). The cultivar ORS Agile presented significant differences only between sowing dates for the variables yield ( $p = 0.0002$ ) and WTK ( $p < 0.0001$ ), which

shows again that earlier sowing allowed greater yields.

We performed non-parametric analyses for variables related to kernel quality, including DON accumulation (ppb), FHB severity (%), and incidence of *Fusarium* in kernels (Table 4). We only found significant difference within each sowing date for DON accumulation in 2020 for the cultivar ORS Agile at the earlier sowing date, which received three applications of fungicides in comparison with the control treatment (no fungicide application).

However, when comparing sowing dates for each year and cultivar (only regarding DON accumulation), the cultivar BRS 374 presented significant differences in 2019 ( $p < 0.0001$ ) and 2020 ( $p = 0.0097$ ).

Pearson correlations between the variables FHB severity (%), DON accumulation, and incidence of *Fusarium* in the kernel resulted in weak correlations ( $R = 0.09$  to  $0.50$ ). The strongest interaction was for the correlation between “incidence of *Fusarium* in the kernel × DON accumulation,” resulting in  $R = 0.5011$  (Figure 1).

Interestingly, when we performed a

Table 2. Meteorologic data from June to November in the 2019 and 2020 harvest seasons - Chapecó, SC

Tabela 2. Dados meteorológicos entre os meses de junho e novembro para as safras de 2019 e 2020 - Chapecó, SC

		Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.
2019	Mean temperature (°C)	17.97	14.42	15.80	19.45	21.71	22.58
	Mean relative humidity (%)	71.55	72.07	66.16	63.21	68.23	69.18
	Accumulated precipitation (mm)	43.4	92.8	42.2	42.8	215.6	165
2020	Mean temperature (°C)	16.39	14.97	17.28	20.51	22.02	22.02
	Mean relative humidity (%)	78.50	73.61	65.61	65.61	59.91	58.78
	Accumulated precipitation (mm)	333	128.6	117.8	40.2	19.2	139

Gray-shaded cells show the critical period for FHB incidence in wheat, going from the anthesis until the soft-dough stage (WEGULO, 2012).

Table 3. Yield, weight of a thousand kernels (WTK), and hectoliter weight (HW) for the 2019 and 2020 harvest seasons of according to the sowing date, cultivar, and treatment. Chapecó, SC

Tabela 3. Produtividade, peso de mil sementes (PMS) e peso hectolitro (PH) para as safras 2019 e 2020 em função da época de plantio, da cultivar e tratamento. Chapecó, SC

Year	Cultivar	Sowing date	Treatment	Yield (kg.ha <sup>-1</sup> )	WTK (g)	HW
2019	BRS 374	June 28 <sup>th</sup>	A	3577.14 bC	22.87 b <sup>NS</sup>	70.75 bE
			B	5131.18 aA	29.04 a	74.67 aABC
			C	5096.13 aA	30.61 a	74.89 aAB
			D	5242.68 aA	29.99 a	75.27 aAB
			E	5151.45 aA	30.21 a	75.58 aA
			CV (%)	13.98	11.17	2.51
		July 11 <sup>th</sup>	A	2369.04 cD	23.12 b	68.85 bF
			B	3682.07 bBC	29.08 a	72.68 aD
			C	3872.83 abBC	29.32 a	73.08 aCD
			D	4054.37 abBC	30.04 a	73.89 aABCD
E	4099.18 aB		30.29 a	73.75 aBCD		
	CV (%)	18.76	10.00	2.85		
	CV (%) (year*cultivar)	21.57	10.48	2.92		
2020	BRS 374	June 16 <sup>th</sup>	A	6070.76 <sup>NS</sup> ABCD	32.86 <sup>NS</sup> A	78.27 <sup>NS</sup> A
			B	6417.63 AB	33.26 A	78.30 A
			C	6475.04 AB	32.70 A	77.52 ABCD
			D	6401.00 ABC	32.99 A	77.62 ABC
			E	6556.36 A	33.58 A	78.02 AB
			CV (%)	4.95	2.87	0.68
	June 29 <sup>th</sup>	A	5370.76 <sup>NS</sup> E	27.68 <sup>NS</sup> B	76.17 <sup>NS</sup> D	
		B	5834.53 BCDE	27.78 B	77.00 ABCD	
		C	5681.76 DE	28.34 B	77.20 ABCD	
		D	5720.70 CDE	28.08 B	76.35 CD	
		E	5868.24 ABCDE	29.83 B	76.80 BCD	
		CV (%)	5.31	4.35	0.95	
		CV (%) (year*cultivar)	7.67	8.57	1.15	
	ORS Agile	June 16 <sup>th</sup>	A	5580.52 <sup>NS</sup> AB	31.90 <sup>NS</sup> A	79.95 <sup>NS</sup> NS
B			5732.15 A	33.39 A	80.36	
C			5819.49 A	32.80 A	79.96	
D			5635.89 AB	33.32 A	80.10	
E			5529.30 AB	32.81 A	80.06	
		CV (%)	6.73	2.72	0.60	
June 29 <sup>th</sup>		A	4860.23 <sup>NS</sup> B	26.43 <sup>NS</sup> B	79.40 <sup>NS</sup>	
		B	5400.88 AB	27.37 B	80.10	
		C	5276.52 AB	27.41 B	79.70	
	D	5212.45 AB	27.57 B	79.40		
	E	5106.10 AB	28.57 B	80.20		
	CV (%)	6.23	5.60	1.15		
	CV (%) (year*cultivar)	7.88	10.09	0.92		

Columns with the same lowercase letters within each sowing date, cultivar, and year show statistically similar means, according to the Tukey's HSD ( $\alpha=5\%$ ). Columns with the same uppercase letters within each year and cultivar (comparison between different sowing dates) show statistically similar means, according to the Tukey's HSD ( $\alpha=5\%$ ). <sup>NS/NS</sup> = not significant.

Table 4. Deoxynivalenol accumulation (DON) (ppb), severity of fusarium head blight (FHB) (%), and incidence of *Fusarium* in the kernel for the 2019 and 2020 harvest seasons, according to the sowing date, cultivar, and treatment - Chapecó, SC

Tabela 4. Acúmulo de desoxinivalenol (DON) (ppb), severidade da giberela (%) e incidência de *Fusarium* nos grãos para as safras 2019 e 2020 em função da época de plantio, da cultivar e tratamento - Chapecó. SC.

Year	Cultivar	Sowing date	Treatment	DON (ppb)	FHB severity (%)	Incidence of <i>Fusarium</i> in the kernel (%)
2019	BRS 374	June 28 <sup>th</sup>	A	1639.25 <sup>ns</sup>	0.36 <sup>ns</sup>	3.21 <sup>ns</sup>
			B	1078.75	0.10	5.21
			C	946.00	0.32	3.50
			D	1091.25	0.15	4.62
			E	415.25	0.10	3.93
			CV (%)	61.66	200.74	85.02
		July 11 <sup>th</sup>	A	320.75 <sup>ns</sup>	0.98 <sup>ns</sup>	1.18 <sup>ns</sup>
			B	344.75	0.00	1.12
			C	406.75	0.00	1.34
			D	215.50	0.00	1.25
E	234.25		0.00	0.53		
	CV (%)	42.15	352.05	45.53		
	CV (%) (year*cultivar)	87.46	278.21	111.51		
2020	BRS 374	June 16 <sup>th</sup>	A	79.90 <sup>ns</sup>	0.24 <sup>ns</sup>	0.25 <sup>ns</sup>
			B	69.20	0.01	0.43
			C	72.45	0.30	0.06
			D	24.50	0.01	0.09
			E	81.50	0.03	0.12
			CV (%)	77.07	228.96	165.44
		June 29 <sup>th</sup>	A	39.40 <sup>ns</sup>	0.00 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>
			B	18.70	0.09	0.15
	CV (%)		108.23	447.21	185.41	
		CV (%) (year*cultivar)	96.91	299.72	175.41	
	ORS Agile	June 16 <sup>th</sup>	A	22.80 a	0.00 <sup>ns</sup>	0.25 <sup>ns</sup>
			B	16.30 ab	0.00	0.12
			C	6.30 b	0.00	0.18
			D	10.20 ab	0.00	0.00
			E	36.90 ab	0.00	0.31
			CV (%)	81.80	-	131.91
June 29 <sup>th</sup>		A	11.50 <sup>ns</sup>	0.00 <sup>ns</sup>	0.18 <sup>ns</sup>	
		B	23.00	0.00	0.00	
	CV (%)	83.91	-	318.09		
	CV (%) (year*cultivar)	82.00	-	240.35		

Columns with the same lowercase letters within each sowing date, cultivar, and year show statistically similar means, according to the Mann-Whitney test ( $\alpha=5\%$ ). <sup>ns</sup> = not significant.

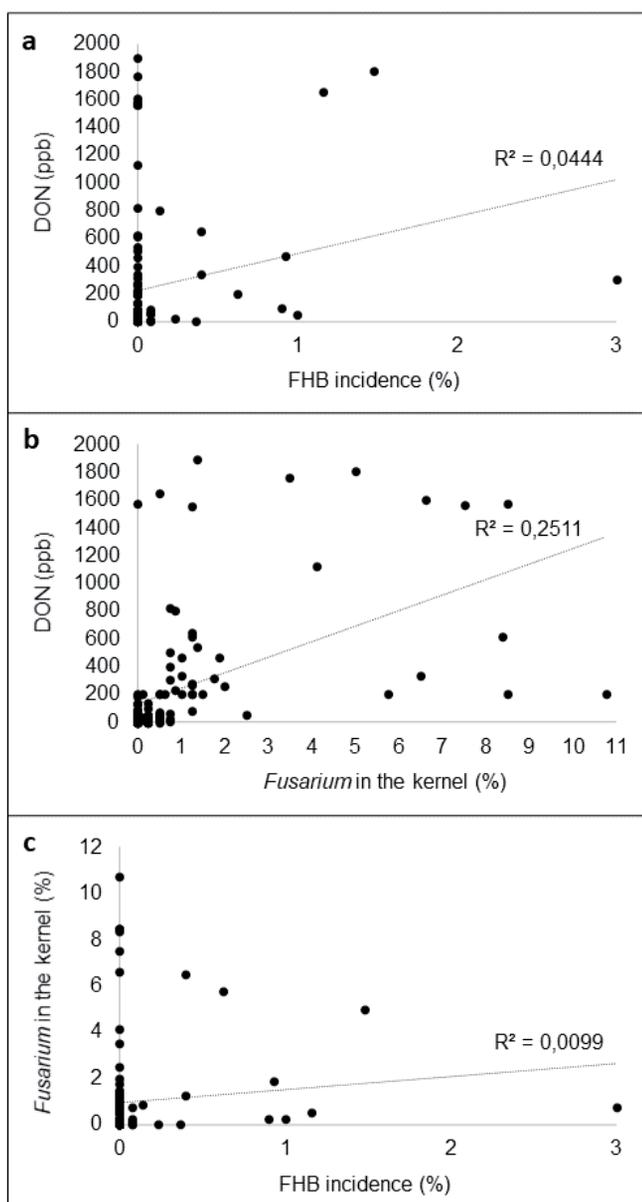


Figure 1. Pearson correlations between the variables (a) "DON accumulation  $\times$  FHB severity," (b) "DON accumulation  $\times$  incidence of *Fusarium* in the kernel" and (c) "incidence of *Fusarium* in the kernel  $\times$  FHB severity" - Chapecó, SC

Figura 1. Correlações de Pearson entre as variáveis (a) "Acúmulo de DON  $\times$  Severidade da giberela", (b) "Acúmulo de DON  $\times$  Incidência de *Fusarium* nos grãos" e (c) "Incidência de *Fusarium* nos grãos  $\times$  Severidade da giberela" - Chapecó, SC

contrast analysis between the combination of all control treatments (treatment A) and the combination of all other treatments (with varied fungicide applications), DON accumulation in kernels presented no significant difference ( $p=0.7612$ ).

Rainfalls influenced all parameters analyzed during the study. For instance, in the 2019 harvest season, rainfall was much higher in the critical period for FHB incidence in wheat when compared with 2020 (Table 2). This influenced

yield and the quality parameters (DON accumulation, FHB severity, and incidence of *Fusarium* in the kernel) analyzed during the study.

Moreover, the harvest of wheat sown earlier in 2019 was on October 10<sup>th</sup> (thus they received less rainfall) while the harvest of wheat sown later in 2019 was on November 11<sup>th</sup>, over a month apart. On the other hand, as 2020 was a very dry year, the harvest of wheat sown both earlier and later was almost at the same time (eight days apart). This is probably why treatments performed in 2020 and 2019 presented smaller differences for the parameters analyzed.

Ducatti et al. (2022) showed that meteorologic conditions greatly affected DON accumulation in plants during the 2019, 2020, and 2021 harvest seasons in the states of Santa Catarina and Rio Grande do Sul, Brazil. We observed the same tendency during our study (Table 4). Wegulo (2012), in his review about factors influencing DON accumulation in small grain cereals, also showed the influence and importance of meteorologic conditions on FHB incidence and DON accumulation in wheat.

However, according to other studies and reviews (PONTE et al., 2012; BONFADA et al., 2019; DUCATTI et al., 2022) and this study (Figure 1), the correlation between FHB severity, incidence of *Fusarium* in the kernel, and DON accumulation is positive but weak. It shows and reinforces that DON biosynthesis and accumulation will not necessarily follow *Fusarium* contamination by the presence of *Fusarium* in wheat/kernels.

Similar amounts of *Fusarium* may biosynthesize different amounts of mycotoxins, as shown by Merhej et al. (2010), Ponte et al. (2012), Ji et al. (2015), and Bonfada et al. (2019). This is probably why the correlations between FHB severity, incidence of *Fusarium* in the kernel, and DON accumulation are small. Certainly, the best way to estimate the amount of DON accumulation in kernels, besides performing ELISA/HPLC/NIRs tests, is analyzing the presence of *Fusarium* in the kernel (a test performed in laboratory at much lower costs) (Figure 1), although the correlation between incidence of *Fusarium* in the kernel and DON accumulation is about 50%.

Thus, as mycotoxins are believed to be biosynthesized and accumulated as a fungi defense mechanism, the best way to reduce mycotoxin incidence/accumulation in kernels would be reducing fungi stress. In this sense, although fungicides are widely used to successfully control large amounts of fungi in fields, the surviving fungi will face large periods of stress, which will favor the biosynthesis of these toxins.

Moreover, inefficient fungicides and/or fungicide application during inappropriate periods or at inappropriate doses might contribute to increase DON biosynthesis and accumulation in wheat and other cereal kernels. Fungicides

are essential to decrease disease pressures in fields and contribute to raise yields; however, DON biosynthesis and accumulation will not necessarily decrease because of the reduction in the amount of *Fusarium* in fields, as already mentioned.

Throughout these two years of study, treatments with fungicide application (treatments B, C, D, and E) did not significantly differ from the control treatment regarding DON accumulation in kernels. McMullen et al. (2012) collected data from more than 100 field experiments using different fungicides to control FHB and observed that different active ingredients provided different responses on the decrease in FHB, which did not largely follow the decrease in DON. Fungi are sessile organisms and, in order to defend themselves against different kinds of threats, they must produce defense metabolites, including mycotoxins (PONTS, 2015).

Table 3 shows the achievement of greater yields mainly in the 2019 harvest season, which are linked to the use of fungicides. Although this study does not present data on other diseases that may have affected the control plots (such as powdery mildew and tan spot, for example), 2019 was a more humid year and it might have increased the incidence of other foliar diseases in the control plots. Powdery mildew, for instance, may affect wheat yield up to 40% (DRAZ et al., 2019), which is similar to the reductions observed between all treatments and the control treatment in 2019.

## Conclusion

- Meteorological conditions significantly affect the incidence of diseases in wheat and influence yields and DON accumulation in kernels;

- The use of fungicides is a good disease control response and can be considered a good tool to help farmers to achieve greater yields; however, there is a low correlation between FHB severity and DON accumulation.

## References

BECK, H.E.; ZIMMERMANN, N.E.; MCVICAR, T.R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E.F. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, v.5, 180214, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>.

BONFADA, E.B.; HONNEF, D.; FRIEDRICH, M.T.; BOLLER, W.; DEUNER, C.C. Performance of fungicides on the control of fusarium head blight (*Triticum aestivum* L.) and deoxynivalenol contamination in wheat grains. **Summa Phytopathologica**, v. 45, n. 4, p. 374–380, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/191941>.

DRAZ, I.S.; ESMAIL, S.M.; ABOU-ZEID, M.A.E-H.; ESSA, T.A.E-M. Powdery mildew susceptibility of spring wheat cultivars as a major constraint on grain yield. **Annals of Agricultural Sciences**, v.64, n.1, p.39–45, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.a0as.2019.05.007>.

DUCATTI, R.D.B.; WORDELL FILHO, J.A.; MAZARO, S. M. Deoxynivalenol biosynthesis and accumulation in wheat affected by carrageenan. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.21, n.2, p.176–181, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811712122022176>.

Ji, F.; WU, J.; ZHAO, H.; XU, J.; SHI, J. Relationship of deoxynivalenol content in grain, chaff, and straw with Fusarium head blight severity in wheat varieties with various levels of resistance. **Toxins**, v.7, p.728–742, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins7030728>.

LARGE, E.C. Growth stages in cereals illustration of the Feekes scale. **Plant Pathology**, v.3, n.4, p.128–129, 1954. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1954.tb00716.x>.

MARIN, S.; RAMOS, A.J.; CANO-SANCHO, G.; SANCHIS, V. Mycotoxins: Occurrence, toxicology, and exposure assessment. **Food and Chemical Toxicology**, v. 60, p. 218–237, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.07.047>.

MCMULLEN, M.; BERGSTROM, G.; DE WOLF, E.; DILL-MACKY, R.; HERSHMAN, D.; SHANER, G.; VAN SANFORD, D. A Unified Effort to Fight and Enemy of Wheat and Barley:

Fusarium Head Blight. **Plant Disease**, v. 96, n. 12, p. 1712–1728, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-12-0291-FE>.

MERHEJ, J.; BOUTIGNY, A.L.; PINSON-GADAIS, L.; RICHARD-FORGET, F.; BARREAU, C. Acidic pH as a determinant of TRI gene expression and trichothecene B biosynthesis in *Fusarium graminearum*. **Food Additive & Contaminants – Part A**, v. 27, p. 710–717, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1080/19440040903514531>.

PINTON, P.; OSWALD, I.P. Effect of deoxynivalenol and other type B trichothecenes on the intestine: a review. **Toxins**, v.6, n.5, p.1615–1643, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins6051615>.

PONTE, E.M.D.; GARDA-BUFFON, J.; BADIALE-FURLONG, E. Deoxynivalenol and nivalenol in commercial wheat grain related to *Fusarium* Head Blight epidemics in southern Brazil. **Food Chemistry**, v.132, n.2, p.1087–1091, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.108>.

PONTS, N. Mycotoxins are a component of *Fusarium graminearum* stress-response system. **Frontiers in Microbiology**, v.6, p.1–5, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01234>.

RANDHAWA, M.S.; BHAVANI, S.; SINGH, P.K.; HUERTA-ESPINO, J.; SINGH, R.P. Disease Resistance in Wheat: Present Status and Future Prospects. In: WANI, S.H. (Ed.). **Disease Resistance in Crop Plants**. Switzerland: Springer, 2019. p. 61–81. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-20728-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20728-1_4).

REIS, E.M.; BOARETO, C.; DANELLI, A.L.D.; ZOLDAN, S.M. Anthesis, the infectious process and disease progress curves for fusarium head blight in wheat. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 2, p. 134–139, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/2075>.

STACK, R.W.; MCMULLEN, M.P. **A visual scale to estimate severity of Fusarium head blight in wheat**. NDSU Extension Service. North Dakota State University, 2011.

WEGULO, S.N. Factors Influencing Deoxynivalenol Accumulation in Small Grain Cereals. **Toxins**, v.4, n.11, p.1157–1180, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins4111157>.

# Necessidade de irrigação do maracujazeiro na região de Sombrio, Santa Catarina

Henrique Belmonte Petry<sup>1</sup>, Álvaro José Back<sup>1</sup>, Márcio Sônego<sup>1</sup>, Danieli Bariviera Zitterell<sup>2</sup> e Diego Adílio da Silva<sup>3</sup>

**Resumo** – O cultivo do maracujazeiro-azedo é uma importante atividade econômica para a agricultura familiar do litoral no Sul Catarinense. Em sistema de cultivo anual, a cultura exige a suplementação de água através de irrigação localizada para viabilizar a produção precoce de frutas nos meses de maior risco de déficit hídrico. O objetivo deste trabalho foi avaliar a necessidade de irrigação na cultura do maracujazeiro-azedo em Neossolos Quartzarênicos, no município de Sombrio, SC. Foi processado o balanço hídrico diário para Sombrio, no período de 1979 a 2019. Foram considerados três valores de Capacidade de Armazenamento de Água Disponível (25, 37 e 50mm). Os valores de Kc foram considerados de acordo com a fase da cultura. Sempre que foi atingido o valor de lâmina de água facilmente disponível (mm), o modelo simulou a necessidade de irrigação. Para solos com CAD de 25mm (situação mais extrema), a média de lâmina de irrigação é de 540mm, variando de 367 (no ano de 1984) a 665mm (no ano de 2012) e o número de irrigações anuais varia de 26 a 47, com média de 38. A suplementação de água via irrigação é necessária nas condições edafoclimáticas do município de Sombrio. Na média dos anos, deve-se suplementar os cultivos de maracujazeiro-azedo entre 400 e 540mm em 15 a 38 irrigações durante o ciclo produtivo, principalmente nos meses de novembro a fevereiro, que são os de maior risco de déficit hídrico.

**Termos para indexação:** *Passiflora edulis*; Déficit hídrico; Balanço hídrico; Evapotranspiração; Neossolos Quartzarênicos.

## Irrigation needs for passion fruit crops in Sombrio, Santa Catarina State

**Abstract** – Passion fruit is an important agricultural activity for smallholders in the South coast of the Santa Catarina State, Brazil. In terms of annual crop, it is necessary to supply complementary water during eventual agronomic droughts to guarantee early season harvest. This research aims to evaluate the irrigation needs for passion fruit crop in the municipality of Sombrio, SC, on a sandy Quartzarenic Neossol. Meteorological data from near stations were processed to calculate the daily soil water balance for the period from 1979 to 2019, using three values of Soil Water Storage Availability (25, 37 and 50mm). The value of crops coefficient (kc) was dependent on the stage of crop development. The model assumed as soil water deficit the value of easy water availability (mm). For soils with CAD 25mm, representing extremely drought susceptibility, the water layer needed was on average 540mm, ranging from 367 (year 1984) to 665mm (year 2012). The average number of days with irrigation needed was 38, ranging from 26 to 47. The results determined that passion fruit crops need supplementary water by irrigation in Sombrio, due the soil and climate features. The annual average of supplementary water was between 400 and 540mm, in 15 to 38 events of irrigation, particularly from November to February, months with more risk of soil water stress.

**Index terms:** Soil water stress; Soil water budget; Evapotranspiration; Quartzarenic Neossol.

## Introdução

A passicultura é uma das principais atividades dos agricultores familiares do litoral no Sul Catarinense, o que tornou a região uma das cinco maiores em produção de maracujá no Brasil. Concentrados principalmente no extremo sul do Estado, os pomares de maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims.) ocuparam cerca de 1.900 hectares em

2019, constituindo a base da renda de aproximadamente mil famílias rurais (IBGE, 2021). O maracujá da região é comercializado nos principais centros consumidores do Sudeste do Brasil, principalmente na Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (Ceagesp). O Sul Catarinense é considerado a segunda região a fornecer mais maracujás nesta central de abastecimento, somente atrás da Bahia, o Esta-

do de maior produção nacional (PETRY & MARCHESI, 2019).

O maracujazeiro-azedo 'SCS437 Catarina' é o mais cultivado no litoral do Sul de Santa Catarina, pois apresenta alta adaptação às condições edafoclimáticas da região (PETRY et al., 2019). Os pomares estão localizados predominantemente em áreas de solos classificados como Neossolos Quartzarênicos (areias quartzosas), anteriormente

Recebido em 17/04/2021. Aceito para publicação em 04/07/2022.

<https://doi.org/10.52945/rac.v35i2.1158>

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Estação Experimental de Urussanga, Rodovia SC 108, km 353, 1563, bairro Estação, 88840-000 Urussanga, SC, e-mail: henriquepetry@epagri.sc.gov.br; ajb@epagri.sc.gov.br; sonengo@epagri.sc.gov.br.

<sup>2</sup> Engenheira-agrônoma, Epagri/Gerência Regional de Tubarão, Rd. SC 370, Km 173- Rua Dolores Corrêa Goulart, S/N, Bairro São Martinho, 88708-808, Tubarão, SC, e-mail: danielizitterell@epagri.sc.gov.br.

<sup>3</sup> Engenheiro-agrônomo, Epagri/Gerência Regional de Criciúma, Rua General Lauro Sodré, 200, Bairro Comerciário, 88802-330, Criciúma, SC, e-mail: diegosilva@epagri.sc.gov.br.

ocupadas pela fumicultura. Estes solos apresentam limitações para uso agrícola em função de sua textura arenosa, baixa capacidade de retenção de água e baixa fertilidade natural.

Para caracterizar a capacidade que o solo tem de armazenar água e torná-la disponível para as plantas, tem-se utilizado o conceito da capacidade de água disponível (CAD), que representa o volume potencial de água armazenada entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP) na zona explorável pelas raízes, grandezas essas determinadas por análise física do solo. O mapeamento da capacidade de água disponível para os solos do estado de Santa Catarina, produzido por Blainski et al. (2016), demonstrou que os Neossolos Quartzarênicos estão entre os solos catarinenses com os menores valores de CAD em consequência de sua textura arenosa, estrutura pouco desenvolvida e dos baixos teores de matéria orgânica. Para culturas perenes, os Neossolos Quartzarênicos do litoral no Sul Catarinense apresentaram CAD de até 50mm, em contraste com solos argilosos com CAD de até 145mm.

No atlas climatológico do estado de Santa Catarina (PANDOLFO et al., 2002), pode-se verificar que na região de Sombrio e em áreas costeiras do litoral no Sul Catarinense existe 50 a 60% de probabilidade de ocorrer déficits hídricos no solo nos meses de novembro, dezembro e janeiro. Os autores usaram o conceito de probabilidade de atendimento hídrico, que é a probabilidade que a precipitação tem de ser maior ou igual à evapotranspiração de referência, indicando que, de cada 10 anos, 5 deles teriam chuvas abaixo da demanda evapotranspirativa em pelo menos um daqueles três meses, o que coincide com o início da floração e da frutificação do maracujazeiro.

Por apresentarem baixo valor de CAD, os Neossolos Quartzarênicos são mais suscetíveis à deficiência hídrica em períodos com escassez de chuvas ou chuvas mal distribuídas ao longo da safra. O estresse hídrico pode causar redução na produção e perda de qualidade de frutos do maracujazeiro, de modo que a irrigação é uma prática recomendada para minimizar tais perdas. Em experimento sobre o manejo de

irrigação da cultura do maracujazeiro em Neossolo Quartzarênico, baseado no índice de satisfação da necessidade de água (ISNA), foi necessário acionar o sistema de irrigação suplementar em 6 dias no mês de setembro, 12 em novembro, 10 em dezembro, 2 em janeiro e 3 em fevereiro (SÔNEGO et al., 2017). Dessa forma, os autores conseguiram uma produtividade de até 41t ha<sup>-1</sup> nesses solos com baixa capacidade de retenção de água.

A partir da identificação da ocorrência da virose-do-endurecimento-dos-frutos (VEF), causada pelo *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV), na safra 2016/17 (RODRIGUES et al., 2017), tornou-se primordial o cultivo anual do maracujazeiro na região para se viabilizar o período de vazio sanitário sincronizado obrigatório. Além de ser um modo de reduzir drasticamente o inóculo inicial da virose, é uma das principais formas de combate à doença (PETRY et al., 2020). O investimento em irrigação pelos produtores aumentou de interesse pela necessidade de produção precoce dos pomares e pelo risco de que as estiagens afetem os pomares naquele ambiente costeiro (PANDOLFO et al., 2002). A irrigação localizada por gotejamento e a microaspersão vêm sendo cada vez mais adotadas pelos produtores, mas há necessidade de definir índices técnicos que auxiliem no dimensionamento e na tomada de decisão do manejo da irrigação nesses sistemas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a necessidade de irrigação suplementar na cultura do maracujazeiro-azedo em Neossolos Quartzarênicos, no município de Sombrio, Santa Catarina, a partir de dados climatológicos da região.

## Material e métodos

O município de Sombrio está localizado na região do litoral no Sul Catarinense. O clima da região é do tipo Cfa, segundo a classificação de Köppen, com temperatura média mensal variando de 14,2°C em julho a 23,7°C em fevereiro (BACK, 2020). Grande parte do território daquele município é formado por solos classificados como Neossolos Quartzarênicos. Os Neossolos pertencem a um grupamento de solos pouco evoluídos,

sem horizonte B diagnóstico definido. São solos em vias de formação, seja pela reduzida atuação dos processos pedogenéticos, seja por características inerentes ao material originário (SANTOS et al., 2018).

A estimativa da necessidade de irrigação foi realizada por meio do balanço hídrico diário seriado proposto por Thornthwaite & Mather, descrito em Pereira et al. (1997). Foi utilizada a série histórica de precipitação diária do período de 1978 a 2019, da estação pluviométrica de Sombrio (código 02949003), pertencente à Agência Nacional de Águas (ANA).

Foram considerados os dados de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) calculados pelo método Penman-Monteith, com dados da estação meteorológica de Urussanga, SC. Adicionalmente, utilizaram-se as médias por pântadas condicionados aos dias secos e chuvosos (BACK, 2015).

A evapotranspiração máxima da cultura foi estimada por:

$$ET_m = ET_o K_c$$

Em que:

ET<sub>m</sub> = evapotranspiração máxima para a cultura do maracujá (mm dia<sup>-1</sup>)

ET<sub>o</sub> = evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>)

K<sub>c</sub> = coeficiente de cultura para o maracujá.

Os valores de K<sub>c</sub> foram considerados de acordo com a fase da cultura (Tabela 1), interpolando os valores por decêndios, adaptados a partir de Silva & Klar (2002).

Para o balanço hídrico foram considerados três valores de Capacidade de Armazenamento de Água Disponível (CAD), respectivamente 25, 37 e 50mm. Na simulação do balanço hídrico considerou-se o valor de água facilmente disponível (ADE) dado por:

$$ADE = CAD \cdot p \quad (3)$$

em que:

ADE é a lâmina de água facilmente disponível (mm);

CAD é a capacidade de armazenamento de água (mm);

p é fração de esgotamento do solo, que varia com o tipo de cultivo e a evapotranspiração máxima do dia (DOOREMBOSS & KASSAN, 1994).

Sempre que foi atingido o valor de

ADE, o modelo de balanço hídrico simulou a necessidade de irrigação. Neste trabalho foi considerado o fator  $p = 0,50$ , baseado nas recomendações de Bernardo et al. (2009).

## Resultados e discussão

A evapotranspiração máxima (ET<sub>m</sub>) supera a precipitação média somente no mês de dezembro (Tabela 2). Nos meses de novembro e janeiro, a precipitação média supera a ET<sub>m</sub> média em somente 13%, mostrando que estes meses constituem o período de maior risco de déficit hídrico para a cultura na região. Para os meses de fevereiro a abril, a precipitação média supera a ET<sub>m</sub> em valores de 30%, enquanto nos meses de maio e junho a precipitação supera a ET<sub>m</sub> em valores acima de 100%.

A necessidade de irrigação para solos com CAD de 25mm varia ao longo do ciclo, de acordo com a precipitação e a evapotranspiração, com valores máximos em dezembro (92,2mm). Observa-se que nos meses de outubro a maio a necessidade de irrigação varia de 51% (outubro) a 67% (dezembro) da demanda (ET<sub>m</sub>). No entanto, em todos os meses, o excesso hídrico supera a demanda por irrigação. Esses resultados mostram que a demanda por irrigação se deve principalmente à baixa capacidade de armazenamento de água no solo

Ao longo do ciclo de cultivo, a necessidade de água devido à ET<sub>m</sub> é de 1.039,5mm, sendo que a necessidade de irrigação é de 539,6mm (56%), considerando a CAD de 25mm (Tabela 2). Para solos com CAD de 37 e 50mm, a necessidade de irrigação média é de 462,7mm (44%) e 398,0mm (38%), respectivamente (Tabelas 3 e 4). Silva & Klar (2002) determinaram para as condições climáticas de Botucatu (SP) a demanda hídrica do maracujá-amarelo como 955mm.

Na Tabela 3, consta a necessidade de irrigação para diferentes valores de CAD. Observa-se que para solos com CAD de 25mm a lâmina mensal de irrigação acima de 50mm são observadas nos meses de novembro a março. As maiores lâminas médias mensais de irrigação ocorrem em dezembro com valores de 92,2mm, 86,7mm e 74,8mm

Tabela 1. Valores de K<sub>c</sub> para o cultivo do maracujá adotadas no estudo

Table 1. K<sub>c</sub> values for passion fruit crop adopted in this study

Fase	Data	K <sub>c</sub> *
Plantio	01/agosto	0,50
Desenvolvimento	01/setembro	0,55
Após a floração	01/janeiro	1,10
Final do ciclo	30/junho	1,10

\*Adaptado de Silva & Klar (2002)

Tabela 2. Resumo do balanço hídrico para a cultura do maracujá em solos com CAD de 25mm, para Sombrio, SC (1978 a 2019)

Table 2. Summary of the water soil balance with CAD 25mm for passion fruit crop, in Sombrio, SC (1978-2019)

Período	Precipitação (mm)	Evapotranspiração (mm)		Excesso (mm)	Irrigação (mm)
		ET <sub>o</sub>	ET <sub>m</sub>		
Ago.	127,9	60,7	30,4	106,3	6,4
Set	134,3	76,7	46,0	103,3	15,5
Out.	135,3	103,6	82,3	94,9	42,3
Nov.	126,1	119,3	111,2	84,5	69,5
Dez	123,4	131,1	137,2	78,0	92,2
Jan.	160,7	129,3	142,1	103,8	84,0
Fev.	158,8	110,7	121,7	108,3	73,3
Mar.	146,7	102,3	112,7	100,0	65,1
Abr.	103,6	72,3	79,9	68,8	44,5
Mai.	117,9	51,3	56,7	91,1	29,9
Jun.	103,3	38,6	41,6	79,6	16,9
Jul.	117,6	43,6	0,0	103,1	0,0
Total	1555,8	1039,5	961,8	1121,7	539,5

respectivamente para solos com CAD de 25, 37 e 50mm. De junho a setembro as lâminas de irrigação são inferiores a 20mm para os solos com CAD de 25mm. No entanto, observa-se que de outubro a junho a demanda máxima por irrigação equivale a valores acima de 90% da ET<sub>m</sub>, evidenciando que existem riscos de estiagens em qualquer época do ano. Os valores de necessidade máxima de irrigação variam pouco com a CAD, uma vez que são determinados principalmente pela ausência de precipitação em períodos prolongados.

O número médio de irrigações necessárias tem maiores valores nos meses de dezembro a fevereiro (Tabela 4). Para os solos com CAD de 25mm, o número médio de irrigações mensais é superior a 5 irrigações, com o máxi-

mo de 9 irrigações, que equivale a um turno de rega de 3 dias. Esses valores ocorrem em períodos de estiagem e, como o solo tem baixa capacidade de armazenamento de água, requerem irrigações mais frequentes. Estes valores são semelhantes aos obtidos por Back & Sônego (2014), que encontraram, para as condições de Jaguaruna, SC, a maior demanda de irrigação no mês de dezembro, com valores de 107mm. Para solos com CAD de 37mm, o número médio de irrigações mensais é superior a 2 nos meses de novembro a abril, com o maior valor de 4,16 em dezembro. O número máximo de irrigações foi de 6 nos meses de dezembro a março. Para solos com CAD de 50mm, o número médio de irrigações mensais é superior a 2 somente nos meses de dezembro a feve-

Tabela 3. Resumo das lâminas de irrigação estimadas com balanço hídrico para a cultura do maracujá em solos com CAD de 25, 37 e 50mm, para Sombrio, SC (1978 a 2019)

Table 3. Summary of the irrigation requirement estimated by water soil balance with CAD 25, 37 and 50mm for passion fruit crops, in Sombrio, SC (1978-2019)

Mês	CAD = 25mm			CAD = 37mm			CAD = 50mm		
	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
Ago.	6,4	26,2	0,0	2,2	19,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Set.	15,5	40,0	0,0	11,2	39,2	0,0	7,8	27,0	0,0
Out.	42,3	80,4	0,0	30,8	61,1	0,0	25,3	80,4	0,0
Nov.	69,5	103,7	28,7	60,2	104,5	0,0	53,0	107,9	0,0
Dez.	92,2	127,0	55,7	86,7	126,9	18,6	74,8	115,9	25,7
Jan.	84,0	132,2	42,9	78,6	121,3	19,8	71,4	115,5	25,1
Fev.	73,3	127,4	27,2	61,6	127,4	0,0	54,2	105,9	0,0
Mar.	65,1	101,4	30,5	54,5	126,0	0,0	47,6	106,9	0,0
Abr.	44,5	80,3	14,2	40,3	78,4	18,8	36,1	79,6	0,0
Mai.	29,9	54,6	0,0	24,5	57,9	0,0	19,4	52,6	0,0
Jun.	16,9	40,5	0,0	12,1	38,9	0,0	8,4	26,5	0,0
Jul.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 4. Número de irrigações estimadas com balanço hídrico para a cultura do maracujá em solos com CAD de 25, 37 e 50mm, para Sombrio, SC (1978 a 2019)

Table 4. Number of irrigation estimated with the water soil balance with CAD 25, 37 and 50mm for passion fruit crop, in Sombrio, SC (1978-2019)

Mês	CAD = 25mm			CAD = 37mm			CAD = 50mm		
	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
Ago.	0,49	2	0	0,12	1	0	0,00	0	0
Set.	1,16	3	0	0,58	2	0	0,30	1	0
Out.	3,07	6	0	1,56	3	0	0,95	3	0
Nov.	4,77	7	2	2,95	5	0	1,98	4	0
Dez.	6,42	9	4	4,16	6	1	2,72	4	1
Jan.	5,67	9	3	3,91	6	1	2,53	5	1
Fev.	5,12	9	2	2,95	6	0	2,00	4	0
Mar.	4,58	7	2	2,65	6	0	1,77	4	0
Abr.	3,23	6	1	2,02	4	1	1,37	3	0
Mai.	2,21	4	0	1,26	3	0	0,74	2	0
Jun.	1,28	3	0	0,63	2	0	0,33	1	0
Jul.	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0

reiro. Como estes solos têm maior CAD, as lâminas de irrigação são maiores, resultando assim num menor número de irrigações.

O número e o volume total de irrigações durante os anos avaliados podem ser visualizados nas Figuras 1 e 2. Para solos com CAD de 25mm, a média de lâmina de irrigação foi de 540mm, variando de 367mm (no ano de 1984) a 665 (no ano de 2012). Para solos com CAD de 37mm, a necessidade de irrigação variou de 286mm a 610mm, com média de 463mm. Para solos com CAD de 50mm, a demanda por irrigação variou de 196mm a 566mm, com média de 400mm.

O número de irrigações anuais para solos com CAD de 25mm variou de 26 a 47, com média de 38. Para solos com CAD de 37mm, o número de irrigações variou de 14 a 30, com média de 23. Nos solos com CAD de 50mm, o número de

irrigações variou de 7 a 21, com média de 15.

## Conclusões

A suplementação de água via irrigação é necessária nas condições edafoclimáticas do município de Sombrio, Santa Catarina.

Anualmente deve-se suplementar entre 400 e 540mm em 15 a 38 irrigações durante o ciclo produtivo, principalmente nos meses de novembro a fevereiro, que são os meses de maior risco de déficit hídrico.

## Referências

BACK, Á. J. **Informações climáticas e hidrológicas dos municípios catarinenses** (com programa HidroClimaSC). Florianópolis: Epagri, 2020, 157 p.

BACK, Á. J. Evapotranspiração média de dias secos e dias chuvosos de Urussanga, SC. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 21., 2015, Brasília. **Anais [...]**. Porto Alegre, 2015. p.1 – 8.

BACK, Á. J.; SÔNEGO, M. Need for irrigation of yellow passion fruit (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) in Jaguaruna, SC, Brazil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA*, 2014, Recife. **Anais [...]**. Rio de Janeiro, 2014.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: Ed. UFV, 625p. 2009.

BLAINSKI, É.; PANDOLFO, C.; RICCE, W. S.; VEIGA, M.; ARAUJO, C. E. S. Mapeamento da capacidade de água disponível para os solos do estado de Santa Catarina. *In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA*, 20, 2016, Foz do Iguaçu. **Anais[...]** Londrina, 2016, p. 520-522.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina

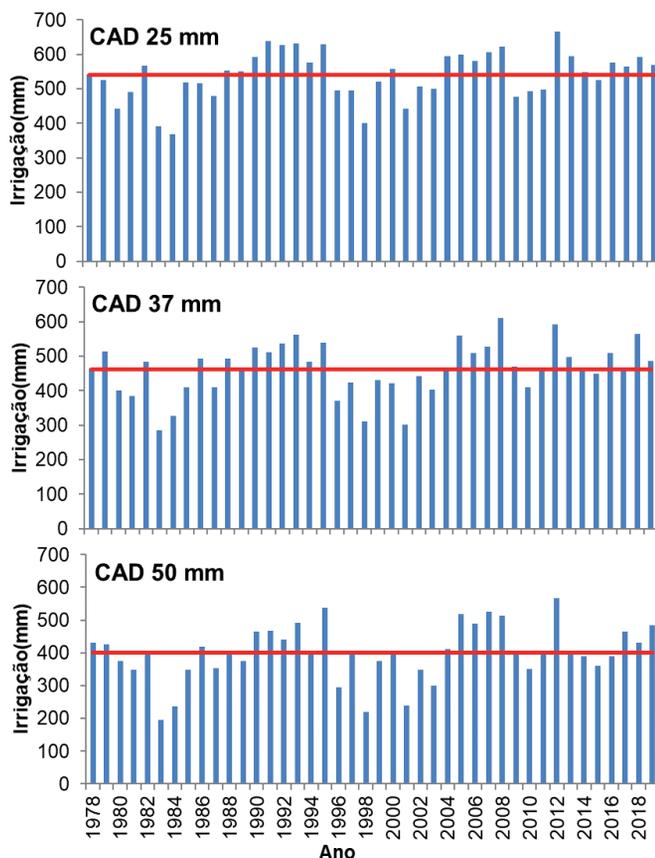


Figura 1. Necessidade de irrigação anual para cultura do maracujá baseado no balanço hídrico de Sombrio, SC. \*Linha vermelha representa o valor médio da série histórica  
Figure 1. Yearly irrigation needs for passion fruit crop based on the water soil balance in Sombrio, SC. \*The red line represents the average of the series

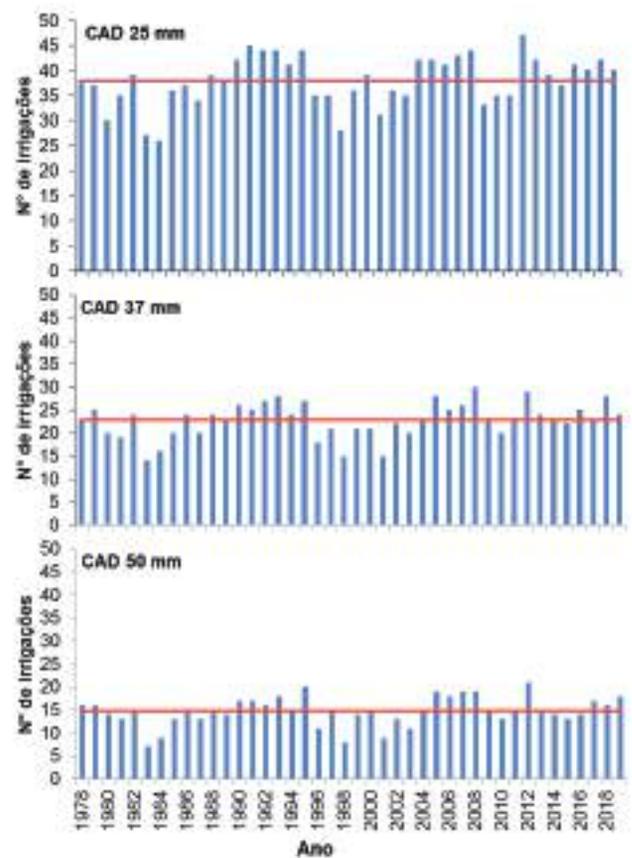


Figura 2. Número de irrigações anuais para cultura do maracujá baseado no balanço hídrico de Sombrio, SC. \*Linha vermelha representa o valor médio da série histórica  
Figure 2. Number of yearly irrigation for passion fruit crops based on the water soil balance in Sombrio, SC. \*The red line represents the average of the series

Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

IBGE. **Produção Agrícola Municipal** (vários anos) Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. Acesso em: 04 abr. 2021.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H.J.; SILVA JÚNIOR, V.P.; MASSIGNAN, A.M.; PEREIRA, E.S.; THOMÉ, V.M.R.; VALCI, F.V. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-ROM.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

PETRY, H.B.; DELLA BRUNA, E.; MORETO, A.L.; BRANCHER, A.; SÔNEGO, M. 'SCS437 Catarina': Maracujá-azedo de alta qualidade para o mercado de mesa **Agropecuária Catarinense**, v.32, n.2, p. 51-54, 2019.

PETRY, H. B.; MARCHESI, D. R. Passicultura catarinense se moderniza para continuar produtiva e rentável. **Agropecuária Catarinense**, v.32, n.2, p. 15-16, 2019.

PETRY, H. B.; MORITZ, D. R.; SILVA, D. A.; MEES, A.; SANTOS, F.; MARCHESI, D. R.; TERNUS, R. M. Ações conjuntas entre produtores de maracujá e iniciativa pública no combate da virose-do-endurecimento-dos-frutos em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 33, n. 3, p. 10-13, 2020.

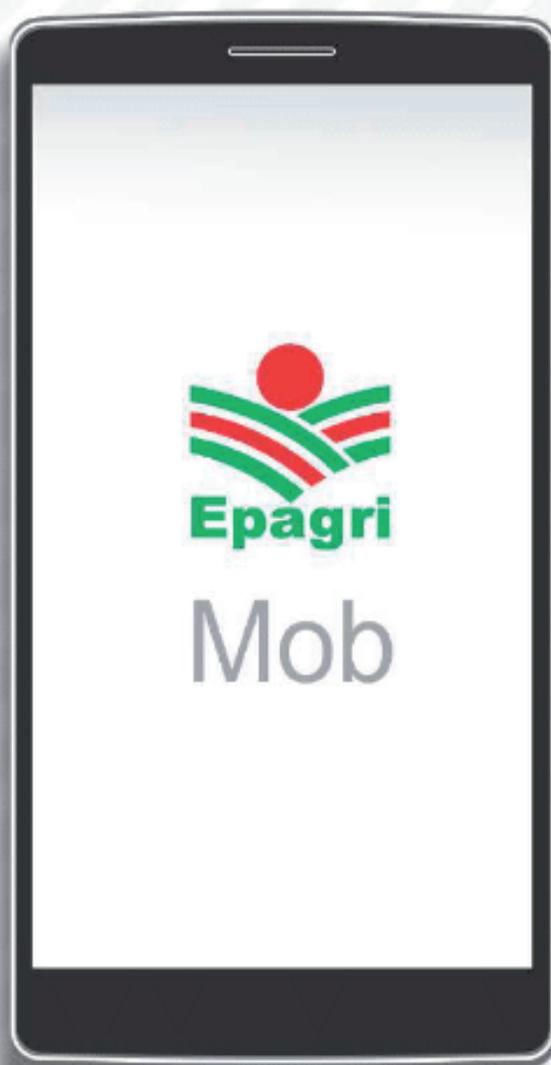
RODRIGUES, L.K.; RAMOS A.F., EIRAS M., CHAVES, A.L.R.; SANTOS JOÃO A.N., PERUCH, L.A.M., COLARICCIO, A. Incidência da *Cowpea aphid-born mosaic virus* (CABMV) em maracujazeiros no Litoral Sul de Santa Catarina, SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MARACUJAZEIRO, 5, Arroio do Silva, 2017. **Anais[...]** Florianópolis, 2017.

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

SILVA, A.A.G. da; KLAR, A.E. Demanda hídrica do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.). **Irriga**, Botucatu, v.7, n.3, 2002. p. 185-190.

SÔNEGO, M.; MISZINSKI, J.; PETRY, H.B. Manejo da irrigação na cultura do maracujazeiro-azedo em clima subtropical baseado no ISNA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 25., 2017, Porto Seguro. **Anais [...]**, Porto Seguro, 2017.

Leve a  
**Epagri**  
com você



# Mapeamento da soja por meio de imagens Landsat e Sentinel-2 nos municípios de Lages e Capão Alto em Santa Catarina

Marina Marly Dalla Betta<sup>1</sup>, Kleber Trabaquini<sup>2</sup>, Haroldo Tavares Elias<sup>3</sup> e Murilo Schramm da Silva<sup>4</sup>

**Resumo** – A soja é uma cultura cujo aumento da oferta mundial dobrou nos últimos anos, impulsionado pelo maior consumo humano e animal. O objetivo deste trabalho foi mapear as áreas plantadas com soja nos municípios de Lages e Capão Alto por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto nas safras 2012/2013 e 2020/2021. Utilizaram-se imagens dos satélites *Landsat-7*, *Landsat-8* e *Sentinel-2* e a identificação das áreas foi feita por meio de interpretação visual das imagens submetidas a uma composição colorida que destacou as lavouras de soja. Os resultados foram comparados com dados oficiais da Epagri/Cepa, mostrando 23% e 6% de diferença entre os métodos para as safras 2012/2013 e 2020/2021, respectivamente. Foi constatado aumento de área de 13 mil ha entre as safras e que a conversão tem ocorrido, principalmente, sobre campos nativos. A análise com dados altimétricos indicou que a expansão foi mais frequente em áreas mais altas e se manteve na classe de relevo suavemente ondulado.

**Termos para indexação:** *Glycine max* L.; Sensoriamento remoto; Satélite.

## Soybean mapping using Landsat and Sentinel-2 images in the municipalities of Lages and Capão Alto in Santa Catarina

**Abstract** – Soybean is a crop whose increase in world supply has doubled in recent years, driven by greater human and animal consumption. The objective of this study was to map the soybean planted area in the municipalities of Lages and Capão Alto using remote sensing techniques in 2012/2013 and 2020/2021 harvests. Images from the *Landsat-7*, *Landsat-8* and *Sentinel-2* satellites were used and the identification of the areas was made through visual interpretation of the images submitted to an RGB composition that allowed the soybean to be highlighted. The results were compared with official data from Epagri/Cepa, showing a 23% and 6% difference between the methods for 2012/2013 and 2020/2021 harvests, respectively. An increase in area of 13 thousand ha was found between harvests and that the conversion has occurred mainly on native fields. The comparison with altitude and slope data also indicated that the expansion migrated to higher areas and remained in the smooth-wavy relief classification.

**Index terms:** *Glycine max* L.; Remote sensing; Satellite.

## Introdução

A soja (*Glycine max*, L.) é uma cultura que teve sua área de cultivo duplicada em nível mundial nos últimos 20 anos devido ao aumento no consumo tanto por humanos quanto por animais (EMBRAPA, 2021). No Brasil, a área cultivada entre os anos de 2010 a 2020 aumentou em 59% e a produção em 77,4% (IBGE/LSPA, 2021). Em Santa Catarina, segundo dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/Centro de Socioeconomia

e Planejamento Agrícola (Epagri/Cepa), entre as safras de 2012/13 e 2020/21, foram incorporados aproximadamente 180 mil ha na área plantada da soja. O Planalto Sul Catarinense é o quinto maior produtor de soja do Estado e, em 2013, possuía uma área plantada de 36.440ha. Já em 2021, a área passou para 70.330ha, demonstrando um incremento significativo na área plantada nessa região.

Segundo o Sistema Integrado de Informações Agropecuárias da Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca de Santa Catarina (INFOAGRO, 2021),

o município de Lages, além de ser o maior em extensão territorial do Estado, também compreende o município com maior área plantada da soja do Planalto Sul Catarinense. Já Capão Alto foi um dos municípios que apresentou um aumento significativo na área plantada, passando de 1.800ha para 6.500ha entre as safras 2012/2013 e 2020/2021, respectivamente. Juntos, os municípios de Lages e Capão Alto configuram um total de 18.500ha de área plantada, mostrando um aumento de mais de 13 mil ha no período analisado.

A Epagri/Cepa desenvolve a pesqui-

Recebido em 25/10/2021. Aceito para publicação em 29/07/2022.

<https://doi.org/10.52945/rac.v35i2.1347>

<sup>1</sup> Engenheira-agrônoma, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. E-mail: marinadallabetta@gmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural, Centro de Informações e Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. E-mail: klebertrabaquini@epagri.sc.gov.br

<sup>3</sup> Engenheiro-agrônomo, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural, Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. E-mail: hteliass@epagri.sc.gov.br

<sup>4</sup> Engenheiro Florestal, Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. E-mail: murilo.sch.silva@gmail.com

sa “Sistema de levantamento das expectativas e projeções da produção agrícola de Santa Catarina”, um projeto de caráter continuado, que visa realizar o monitoramento das safras no Estado. As informações para fins de levantamento são obtidas por meio de consultas diretas a informantes-chave, que consistem em atores sociais e econômicos que detêm informações estratégicas acerca das cadeias produtivas monitoradas. Tradicionalmente, estes informantes-chave contemplam produtores rurais, cooperativas ligadas ao setor agropecuário e agroindústrias. As consultas aos informantes possibilitam o levantamento de variáveis como área plantada (ha), quantidade produzida (t) e rendimento médio ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) das principais culturas do Estado. Os dados são obtidos mensalmente por uma equipe composta de dez funcionários, locados em diferentes regiões de Santa Catarina. Estas informações são sistematizadas, analisadas e posteriormente divulgadas na plataforma Infoagro, um sistema integrado de informações que auxilia na tomada de decisão de produtores, entidades de pesquisa, técnicos, pesquisadores, consultores, governo, universidade e sociedade em geral (INFOAGRO, 2021).

Embora os dados fornecidos pela Epagri/Cepa e outros órgãos oficiais sejam divulgados como informações confiáveis, o método declaratório utilizado para sua obtenção traz certa subjetividade às informações, deixando em aberto uma alternativa de se ter um método objetivo na obtenção desses dados (LUIZ, 2005). O Sensoriamento Remoto tem assumido papel categórico no desenvolvimento de ferramentas para a obtenção de estatísticas agrícolas confiáveis, pois o caráter sinóptico, repetitivo e a agilidade na aquisição de dados permitem o acompanhamento de culturas agrícolas ao longo de todo seu ciclo (CONRAD et al., 2014). O setor agrícola constitui uma grande área de estudo e aplicação de informações que podem ser obtidas através de imagens de satélite para monitoramento de safras. Baseado no conhecimento e na aplicação de técnicas de Sensoriamento Remoto, é possível obter dados úteis para avaliar lavouras com precisão sem a necessidade de amostragens e medições analíticas demoradas no cam-

po (CORTI, 2017), resultando em um menor custo operacional. O uso desta ferramenta apresenta-se como uma alternativa factível em diversos trabalhos para mapeamentos agrícolas (SILVA et al., 2017), como no de Zhong et al. (2014), que além de mapearem soja e milho por meio de imagens da série *Landsat*, trouxeram extensibilidade ao trabalho, gerando resultados para os anos de 2006 a 2010, uma vez que as imagens orbitais permitiram criar um método de classificação baseado na fenologia e assim monitorar as culturas com eficiência.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo mapear as áreas plantadas com a cultura da soja nos municípios de Lages e Capão Alto por meio de imagens dos satélites *Landsat-7*, *Landsat-8* e *Sentinel-2*, técnicas de Sensoriamento Remoto e sistemas de informação geográfica, nas safras 2012/2013 e 2020/2021. Os resultados serão confrontados com os dados atuais do monitoramento de safra realizado pela Epagri/Cepa.

## Material e métodos

A área de estudo compreende os municípios de Lages e Capão Alto, localizados no Planalto Sul Catarinense. Segundo a classificação climatológica de *Köppen*, essa região apresenta clima mesotérmico úmido com predominância do tipo Cfb. Os solos predominantes são Cambissolos, Argissolos e Latosso-

los com topografia suave-ondulada e a paisagem é, na grande maioria, ocupada por campos nativos com fragmentos de floresta ombrófila mista e destaque para as matas de araucária (SDR, 2003).

O Sistema de Informação Geográfica utilizado neste trabalho foi o QGIS, sistema de coordenadas planas, projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e o sistema geodésico de referência SIRGAS 2000, no Fuso 22 do Hemisfério Sul. Foram utilizadas imagens dos satélites *Landsat-7*, *Landsat-8* e *Sentinel-2*, cujas características são descritas na Tabela 1. A resolução espacial é de 30 metros para o *Landsat-7* e *Landsat-8* e 10 metros para o *Sentinel-2*. Com as bandas pancromática (B8) do *Landsat-8* e do *Landsat-7*, ambas com 15 metros de resolução, foram geradas composições multiespectrais com menor resolução através de técnicas de fusão de imagens e do algoritmo *Pansharpening*, possibilitando uma melhor visualização de detalhes nas imagens destes satélites.

Ao se trabalhar com imagens orbitais, a presença de nuvens e sombras é inevitável (SILVA & LIPORACE, 2016), por isso o uso de imagens *Landsat-7* e *Landsat-8* foi feito quando não se conseguiu ter imagens *Sentinel-2* livres de nuvens no período de estudo. A utilização de imagens obtidas pelo sensor ETM+ do *Landsat-7* também se fez necessária, pois o *Sentinel-2* teve seu lançamento em 2015 e um dos períodos analisados neste estudo trata-se dos anos de 2012 e 2013.

Tabela 1. Especificações dos sensores e bandas espectrais dos satélites utilizados no estudo  
*Table 1. Specifications of the sensors and spectral bands of the used satellites in the study*

Satélite	Sensor	Bandas Espectrais	Faixa Espectral ( $\mu\text{m}$ )
Landsat-7	ETM+ ( <i>Enhanced Thematic Mapper Plus</i> )	Vermelho (B3)	0.63 - 0.69
		Infravermelho Próximo (B4)	0.77 - 0.90
		Infravermelho Médio (B5)	1.55 - 1.75
		Pancromática (B8)	0.52 - 0.90
Landsat-8	OLI ( <i>Operational Land Imager</i> )	Vermelho (B4)	0.63 - 0.67
		Infravermelho Próximo (B5)	0.85 - 0.87
		Infravermelho Médio (B6)	1.56 - 1.65
Sentinel-2	MSI ( <i>MultiSpectral Instrument</i> )	Pancromática (B8)	0.50 - 0.67
		Vermelho (B4)	0.64 - 0.68
		Infravermelho Próximo (B8)	0.76 - 0.90
		Infravermelho Médio (B11)	1.53 - 1.68

O *Sentinel-2* possui resolução temporal de 5 dias e os satélites *Landsat-7* e *8* possuem ambos um tempo de revisita de 16 dias. Segundo dados da Epagri/Cepa (2021), o plantio da soja inicia em outubro e, entre janeiro e março, a cultura atinge o estágio vegetativo pleno e a colheita se inicia em março, estendendo-se até abril. As 47 imagens utilizadas no mapeamento buscaram representar o ciclo completo da cultura e por isso foram adquiridas nos períodos de outubro a abril para as duas safras. A partir desses dados e com o auxílio do índice de vegetação EVI (*Enhanced Vegetation Index*), foi possível identificar como a cultura se comporta espectralmente ao longo do ciclo, conforme a Figura 1. Por meio desta análise temporal, verificando em qual período o estágio de desenvolvimento da soja apresenta o maior pico no índice de vegetação EVI, foram selecionadas as cenas utilizadas.

Utilizaram-se as órbitas/ponto 22JEQ e 22JEP do *Sentinel-2* e 221/79 e 221/80 dos satélites *Landsat*. A composição utilizada para o sensor OLI (*Operational Land Imager*) do *Landsat-8* foi R5G6B4. Para o sensor MSI, (*Multi Spectral Instrument*) do *Sentinel-2* foi a R8G11B4 (todas as bandas foram reamostradas para 10 metros) e para o ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*), do satélite *Landsat-7* foi a composição R4G5B3. O uso destas composições foi definido diante de prévias análises dos sensores que são utilizados convencionalmente na distinção de culturas agrícolas (FORMAGGIO & SANCHES, 2017). Foram selecionadas imagens dos dias 3, 8 e 18 de fevereiro, pois, conforme a Figura 1, nessas datas as composições permitiram que a soja adquirisse tons amarelados, sendo essa uma característica marcante e que possibilitou a diferenciação da cultura dos demais alvos na cena. Na vetorização dos polígonos de soja foram estabelecidas quadrículas (grades) de 1km<sup>2</sup> sobre a área de estudo, para se ter um controle das áreas já mapeadas e facilitar o avanço sobre novas áreas.

O SATVeg (Sistema de Análise Temporal da Vegetação (SATVeg) é uma plataforma WebGIS também utilizada neste trabalho e que possibilita a observação e análise de perfis temporais de índices vegetativos, derivados de imagens de

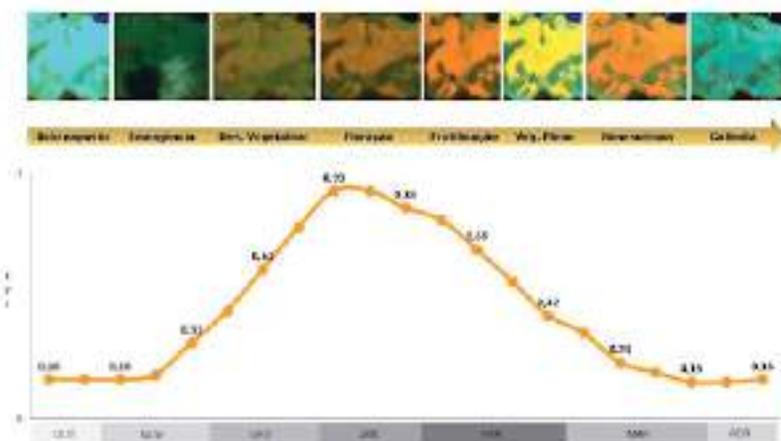


Figura 1. Comportamento espectral da soja representado em imagens do sensor MSI ao longo dos estádios fenológicos de acordo com o índice vegetativo EVI  
Fonte: Autor (2021)

Figure 1. Spectral behavior of soybean represented in MSI sensor images along the phenological stages according to the EVI vegetative index  
Source: Author (2021)

satélite geradas pelo MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), um sensor embarcado em dois satélites americanos, TERRA e AQUA, com resolução espacial de 250 metros e período de revisita de 2 dias (NASA, 2006). O índice utilizado foi o EVI (*Enhanced Vegetation Index*), que expressa as variações da biomassa verde permitindo observar o comportamento da vegetação, e que contém um fator de correção que reduz a influência dos sinais do solo e da atmosfera sobre a resposta do dossel. Para obtenção do índice foi aplicada a seguinte equação  $EVI = G \cdot \frac{(\tilde{n}IVP - \tilde{n}Ver)}{(\tilde{n}IVP + C1 \cdot \tilde{n}Ver - C2 \cdot \tilde{n}Azul + L)}$ , onde  $\tilde{n}IVP$  é o valor da reflectância no infravermelho próximo (banda 2: 841-876nm);  $\tilde{n}Ver$  é a reflectância na faixa do vermelho (banda 1: 620-670nm);  $\tilde{n}Azul$  é a reflectância do azul (banda 3: 459-479nm);  $\tilde{n}IVC$  é a reflectância do infravermelho de ondas curtas (banda 5: 1230-1250nm); C1 e C2 são coeficientes de resistência atmosférica; L é o fator de correção de brilho do dossel; e G é o fator de ganho. Para o MODIS, os valores dos coeficientes do índice EVI são C1= 6; C2 = 7,5; L = 1; e G = 2,5.

O padrão espectral da curva do EVI possibilitou complementar a identificação visual feita por meio das composições coloridas utilizadas na aferição das áreas de soja. Diferentemente das imagens *Landsat* e *Sentinel*, o SATVeg mostra a curva espectral da cultura. Apesar

do sensor MODIS apresentar baixa resolução espacial, comparado com esses dois satélites, ele foi utilizado para aferir a curva espectral dos polígonos de soja identificados previamente por meio das imagens de maior resolução, fato esse não possível nas imagens *Landsat* e *Sentinel* devido à baixa resolução temporal.

A última etapa do trabalho teve como objetivo investigar a conversão da cobertura do solo com a expansão da cultura, ou seja, sobre qual tipo de cobertura a soja foi implantada. Para isso, foram utilizados dados do *MapBiomass* (SOUZA et al., 2020), onde foi possível verificar o tipo de cobertura anteriormente à ocupação da cultura da soja. Foram baixados os mapas temáticos de uso da terra para os dois municípios estudados e nos dois períodos analisados. No QGIS, sobrepondo os polígonos de soja (safras 2012/13 e 2020/2021) sobre o mapa temático, foi possível extrair as áreas de intersecção e mascarar estas áreas, obtendo-se apenas os polígonos de novas áreas de soja, referentes à safra 2020/2021. Por fim, através da ferramenta “extrair por localização” do QGIS, onde foi possível extrair as informações de classificação de cada polígono, foram contabilizados os diferentes usos da terra dentro das novas áreas de conversão para cultura de soja.

Também nesta etapa, a fim de verificar o relevo da região e dos talhões de soja, foi empregado um modelo digital

de elevação, o SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) suavizado por meio de imagens geradas pelo *Alos/Palsar (Advanced Land Observing Satellite-1/ Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar)*, com 12,5m de resolução espacial. Com isso, foram gerados mapas de altimetria e declividade conforme as classes da Embrapa (1999), sendo elas: 0 a 3% (plano), 3 a 8% (suave ondulado), 8 a 20% (ondulado), 20 a 45% (forte ondulado), 45 a 75% (montanhoso) e 75 a 100% (escarpado).

## Resultados e discussão

A partir da metodologia utilizada com as imagens *Sentinel-2*, *Landsat-7* e *Landsat-8* foi possível identificar, quantificar e comparar as áreas de soja para as safras 2012/2013 e 2020/2021, conforme a Figura 2. Em 2012/2013, o município de Capão Alto apresentou 1.915ha, enquanto em Lages a área foi de 4.285ha. Segundo a Epagri/Cepa, na safra 2012/2013, Capão Alto possuía uma área de 1.800ha e Lages, 3.240ha de soja. Já na safra 2020/2021, o mapeamento resultou em uma área de 6.445ha no município de Capão Alto e em Lages a área mapeada foi de 13.258ha. Segundo os dados da Epagri/Cepa, para a safra 2020/2021, Capão Alto possui uma área de 6.500ha e Lages 12.000ha de soja.

A área de 1.915ha mapeada na safra 2012/2013 no município de Capão Alto representa 6% a mais em relação aos dados oficiais. De forma análoga, no município de Lages o valor de 4.285ha representa 32% a mais em relação aos dados da Epagri/Cepa. Já na safra de 2020/2021, o mapeamento resultou num valor 0,5% menor para o município de Capão Alto, enquanto em Lages o número obtido pelo mapeamento foi maior que o dado oficial, representando um valor de 10%. No que se refere à área total, em 2012/2013 a soja ocupava 6.200ha por meio do mapeamento, e 5.040ha segundo a Epagri/Cepa, uma diferença de 1.160ha (23%). Em 2020/2021 a soma das áreas dos municípios obtida pelo mapeamento foi de 19.703ha, enquanto o dado da Epagri/

Cepa foi de 18.500ha, uma diferença de 1.203ha (6%).

As diferenças encontradas na área mapeada podem ser comparadas com resultado semelhante encontrado no trabalho de Song et al. (2017), que fizeram a estimativa de área da soja em escala nacional para os Estados Unidos utilizando imagens do sensor MODIS. Neste estudo os autores mapearam uma área 1,9% maior do que a estimativa de área divulgada pelo *United States Department of Agriculture (USDA)*. Outras diferenças entre dados oficiais e dados obtidos através do uso de técnicas de Sensoriamento Remoto foram mostradas no trabalho de Paludo et al. (2020), que fizeram o mapeamento da área plantada de soja para o estado do Paraná com imagens *Landsat-8* e *Sentinel-2* e obtiveram uma diferença de 20% na área total do Estado mapeada em relação aos dados oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O trabalho também analisou as áreas obtidas pelo mapeamento dentro de cada mesorregião do Estado, encontrando porcentagens tanto negativas quanto positivas.

Métodos de classificação automática para a identificação das diferentes classes de uso do solo normalmente são menos precisos quando comparados aos procedimentos visuais (RIZZI & RU-

DORFF, 2005). Em função disso, a classificação visual utilizada neste estudo se apresentou necessária e, ao mesmo tempo, eficiente para a identificação das áreas de soja nos municípios de Lages e Capão Alto, as quais, em alguns casos, caracterizam-se por pequenos talhões. A composição RGB utilizada destacou as áreas consideradas ocupadas com soja e permitiu realizar um mapeamento para verificação das estimativas oficiais subjetivas, não sendo possível a comparação com a realidade existente nas lavouras porque não foi realizado trabalho de campo para validação da classificação visual. Rizzi & Rudorff (2005) fizeram o uso da interpretação visual na composição R4G5B3 do *Landsat-5* e *Landsat-7*, concluindo em seu trabalho que a condição particular com que a soja se apresenta nas imagens minimiza a possibilidade de erro por parte do intérprete e, conseqüentemente, resulta num dado condizente com a realidade.

Os dados de área plantada da Epagri/Cepa mostram um aumento de 13 mil ha entre as safras 2012/2013 e 2020/2021, dado esse que foi comprovado através do mapeamento, como observado na figura 2. Segundo a Comissão Europeia, em seu relatório *Agricultural for Markets and Income*, a projeção entre 2019 e 2030 é que a demanda pela soja continue crescendo, prin-

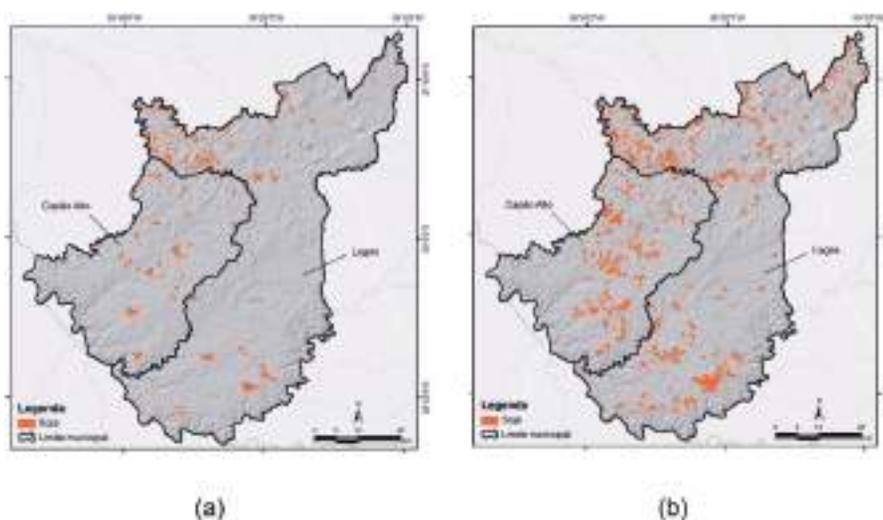


Figura 2. Mapa com distribuição de soja na safra 2012/2013 (a) e 2020/2021 (b) para os municípios de Lages e Capão Alto

Fonte: autor (2021)

Figure 2. Map with distribution of soybean in the 2012/2013 (a) and 2020/2021 (b) harvests for the municipalities of Lages and Capão Alto

Source: author (2021)

principalmente por se tratar de uma fonte de proteína. A expansão da soja mostra que a área plantada dessa cultura em Santa Catarina vem acompanhando essas tendências mundiais e que o avanço da soja tem ocorrido principalmente sobre áreas de campo nativo. Dados obtidos através do cruzamento das áreas de expansão de soja com as classes de ocupação do uso do solo do *Map-Biomass* demonstram que 72% da área convertida em soja na safra 2020/2021 era formação campestre em 2012/2013 (Figura 3). Isso demonstra também uma tendência de crescimento sobre essas áreas para os próximos anos visto que a soja tem sido a principal cultura responsável por converter campos nativos em lavouras (POLÊSE et al., 2014).

Quanto à altitude, o cruzamento dos dados mostrou que as áreas de expansão tiveram uma tendência em ocupar áreas mais altas, exemplificado nos gráficos da Figura 4. Esse resultado corrobora o trabalho de Conte et al. (2019), que expõe que a maior parte das áreas produtoras de soja em Santa Catarina tem uma altitude relativamente elevada, acima de 600 metros. Quanto à declividade, percebe-se que a expansão das áreas de soja manteve-se entre valores de 3 a 8%, indicando que a expansão buscou se manter em áreas que facilitam a mecanização agrícola.

A partir deste estudo, foi possível reconhecer que as técnicas de Sensoriamento Remoto podem fornecer informações e conhecimentos relevantes à cultura da soja no estado de Santa Catarina, além de auxiliar na compreensão dos resultados da safra. O método utilizado para obtenção dos dados aqui apresentados pode produzir subsídios para o monitoramento e acompanhamento sistemático de safra realizado pela Epagri/Cepa, bem como na formulação de políticas agrícolas. A metodologia utilizada pode ser replicada para outros municípios e fazer parte da estratégia de qualificação das estatísticas agrícolas, e principalmente da redução da assimetria da informação.

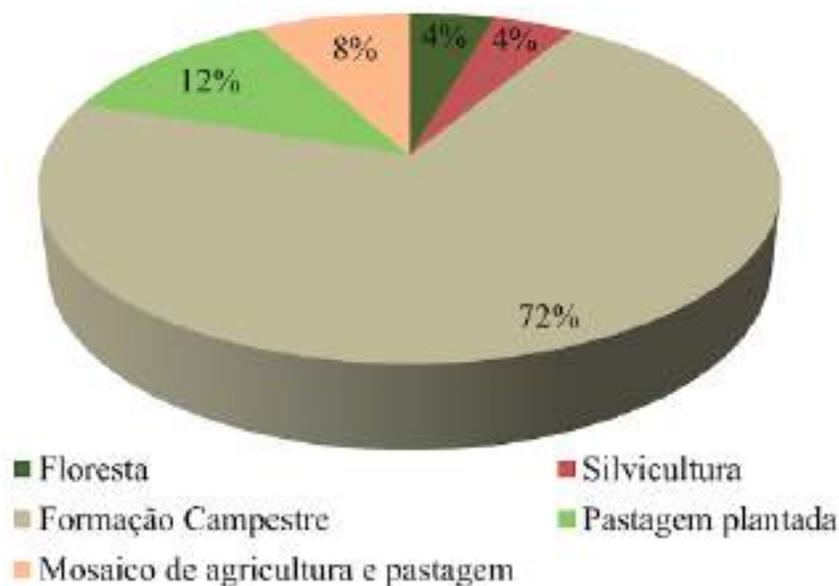


Figura 3. Conversão das áreas de expansão de soja entre as safras 2012/2013 e 2020/2021 para os municípios de Lages e Capão Alto

Fonte: autor (2021)

Figure 3. Conversion of soybean expansion areas between the 2012/2013 and 2020/2021 harvests for the municipalities of Lages and Capão Alto

Source: author (2021)

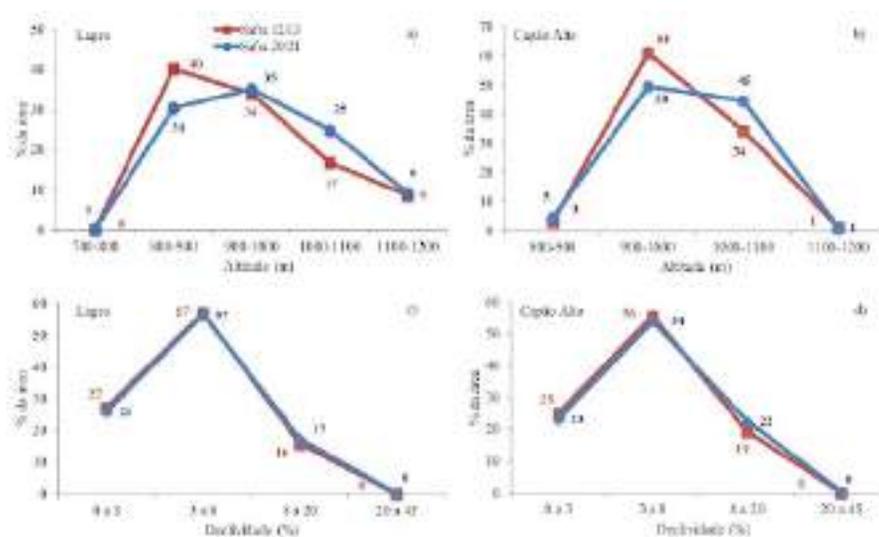


Figura 4. Variação de altitude e declividade das áreas de soja entre as safras 2012/2013 e 2020/2021 para os municípios de Lages e Capão Alto

Fonte: Autor (2021)

Figure 4. Variation in altitude and slope of soybean areas between the 2012/2013 and 2020/2021 harvests for the municipalities of Lages and Capão Alto

Source: Author (2021)

## Conclusão

- Foi elaborado um mapa temático com áreas classificadas como cultivo de soja utilizando sensoriamento remoto orbital;
- Na safra 2012/2013 o mapeamento mostrou uma área 23% maior

em relação aos dados oficiais. Na safra 2020/2021, a diferença total das áreas de soja foi de 6%.

- Do total das novas áreas de soja da safra 2020/2021, verificou-se que 72% foram áreas de campos nativos convertidos para soja comparado com a safra 2012/2013,.

## Agradecimentos

Este estudo tem o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (Fapesc).

## Referências

- CONRAD, C.; DECH, S.; DUBOVYK, O.; FRITSCH, S.; KLEIN, D.; LOW, F.; ZEIDLER, J. Derivation of temporal windows for accurate crop discrimination in heterogeneous croplands of Uzbekistan using multitemporal RapidEye images. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.103, p.63-74, 2014. DOI: 10.1016/j.compag.2014.02.003.
- CONTE, O.; PRANDO, A.M.; DE CASTRO, C.; JUNIOR, A.A.B.; FERREIRA, P.E.P.; HIRAKURI, M.H.; DEBIASI, H. A Evolução da Produção de Soja na Macrorregião Sojícola 1 (MRS1). **Diagnóstico da Produção de Soja na Macrorregião Sojícola**, v.86001, p.23, 2019.
- CORTI, M. **Multispectral and Hyperspectral sensing for Nitrogen Management in Agriculture**. 2017. Tese (sentinado em Agronomia e Coltivazioni Erbacee) - Università Degli Studi di Milano. Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia. Milano – MI, Itália, 2017. DOI: 10.13130/m-corti\_phd2017-03-17.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, **Serviço de Produção de Informação**, 1999.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soja**. 2021. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl-23vmz02wx5eo0sawqe3vtdl7vi.html>. Acesso em: 20 jul. 2021.
- EPAGRI/CEPA. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola. Síntese Anual da Agricultura Catarinense. **Soja**. Disponível em: [https://docweb.epagri.sc.gov.br/website\\_cepapublicacoes/](https://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepapublicacoes/)
- Síntese\_2019\_20.pdf. Acesso em: 28 ago. 2021.
- EUROPEAN COMMISSION. Agricultural for Markets and Income. Agriculture and Rural Development. **European Commission**. 2019. Disponível em: [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/farming/documents/agricultural-outlook-2019-report\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/farming/documents/agricultural-outlook-2019-report_en.pdf). Acesso em: 17 ago. 2021.
- FORMAGGIO, A.R.; SANCHES, I.D. **Sensoriamento Remoto em Agricultura**. 1a ed. São Paulo, ISBN: 978-85-7975-277-3; eISBN: 978-85-7975-282-7, 2017. p.285.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemico-da-producao-agricola.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 15 jun. 2021.
- INFOAGRO. **Sistema Integrado de Informações Agropecuárias**. 2021. Disponível em: <https://www.infoagro.sc.gov.br/index.php/safra/producao-vegetal>. Acesso em 17 ago. 2021.
- LUIZ, A.J.B. Estatísticas agrícolas por amostragem auxiliadas pelo sensoriamento remoto. In: Embrapa Meio Ambiente-Artigo em anais de congresso (ALICE). Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 3., 2005, Goiânia/GO. **Anais[...] Goiânia/GO: INPE**, 2005. p.181-188.
- NASA. **Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer**. 2006. Disponível em: <http://modis.gsfc.nasa.gov/>. Acesso em: 19 ago. 2021.
- PALUDO, A.; BECKER, W.R.; RICHETTI, J.; SILVA, L.C.D.A.; JOHANN, J.A. Mapping summer soybean and corn with remote sensing on Google Earth Engine cloud computing in Parana state - Brazil. **International Journal of Digital Earth**, v.13, n.12, p.1624-1636, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/17538947.2020.1772893>.
- POLÊSE, C. **Coxilha rica**: subsídios a uma proposta de conservação para o sul do município de Lages-SC. 2014. Tese (Mestrado em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2014.
- RIZZI, R.; RUDORFF, B.F.T. Estimativa da área de soja no Rio Grande do Sul por meio de imagens Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.57, n.3, 2005.
- SILVA, L. C. A.; RICHETTI, J.; BECKER, W.R.; PALUDO, A.; VERICA, W.R.; JOHANN, J.A. Algoritmos de Aprendizado de Máquina para classificação de soja em imagens Landsat-8. **Acta Iguazu**, v.6, n.3, p.65-78, 2017. DOI: 10.48075/actaiguazu.v6i3.17477.
- SILVA, M.A.O.; LIPORACE, F.S. Detecção automática de nuvem e sombra de nuvem em imagens de sensoriamento remoto. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v.22, p.369-388, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-21702016000200021>.
- SONG, X.P.; POTAPOV, P.V.; KRYLOV, A.; KING, L.; DI BELLA, C. M.; HUDSON, A.; HANSEN, M.C. National-scale soybean mapping and area estimation in the United States using medium resolution satellite imagery and field survey. **Remote sensing of environment**, v.190, p.383-395, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.01.008>.
- SOUZA, C.M.; Z SHIMBO, J.; ROSA, M.R.; PARENTE, L.L.; ALENCAR, A.; RUDORFF, B. F.; AZEVEDO, T. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v.12, p.2735, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12172735>.
- ZHONG, L.; GONG, P.; BIGING, G.S. Efficient corn and soybean mapping with temporal extendability: A multi-year experiment using Landsat imagery. **Remote Sensing of Environment**, v.140, p.1-13, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.023>.

# SCS315 Catarina-gigante: cultivar de gramínea perene de verão produtiva e adaptada às condições de Santa Catarina

Ana Lúcia Hanisch, Edison Xavier de Almeida, Jefferson Araújo Flaresso e Murilo Dalla Costa

**Resumo** – O cultivar de missioneira-gigante SCS315 Catarina-gigante é o primeiro registrado da espécie *Axonopus catharinensis* Valls no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Esse cultivar da forrageira é resultado de mais de duas décadas de seleção e avaliação de progênies coletadas em diversas regiões do estado de Santa Catarina. O cv. Catarina-gigante é um híbrido triploide, estéril, com reprodução vegetativa e ciclo perene. Apresenta crescimento semiereto, com presença de estolões vegetativos e grande capacidade reprodutiva. Destaca-se pela predominância de folhas, com presença de talos apenas no período reprodutivo, alta palatabilidade, alta resistência à cigarrinha-das-pastagens e adaptação a níveis moderados de sombreamento. Diversos ensaios de avaliação têm comprovado que o cultivar tem adaptação às regiões de clima Cfa e Cfb, sendo recomendado para uso em todo o estado de Santa Catarina. O cultivar foi registrado junto ao Sistema Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC) com o certificado nº 29492. A disponibilidade de mudas certificadas ocorre em viveiristas credenciados pela Epagri.

**Termos para indexação:** *Axonopus catharinensis*; Missioneira-gigante; Pastagem; Melhoramento vegetal.

## SCS315 Catarina-gigante: productive summer perennial grass cultivar adapted to Santa Catarina conditions

**Abstract** – The cultivar SCS 315 Catarina-gigante is the first cultivar of the species *Axonopus catharinensis* Valls, after more than two decades of selection and evaluation of different progenies of the giant missionary grass, collected in different regions of the State of Santa Catarina. The cv. Catarina-gigante is a triploid hybrid, sterile, with vegetative reproduction and a perennial cycle. It presents semi-erect growth, with the presence of vegetative stolons, with great reproductive capacity. It stands out for the predominance of leaves, with the presence of stalks only in the reproductive period, high palatability, high resistance to grasshoppers and adaptation to moderate levels of shading. Several evaluation tests have proven that the cultivar has adaptation to Cfa and Cfb climate regions, being recommended for use throughout the State of Santa Catarina. The cultivar was registered with the National System for the Protection of Cultivars (SNPC) with certificate nº 29492. The availability of certified seedlings occurs in nurseries accredited by Epagri.

**Index terms:** *Axonopus catharinensis*; Giant missionary; Pasture; Plant breeding.

## Introdução

A utilização de espécies forrageiras adaptadas e que apresentam alta produtividade é uma ferramenta indispensável para sistemas eficientes de produção animal (DAMIAN et al., 2021). A eficiência de um sistema de produção animal à base de pasto é dependente da quantidade, da qualidade e da distribuição estacional da produção de forragem, bem como da manutenção do equilíbrio entre o que é produzido pela pastagem e o quanto é removido pelos animais. Assim sendo, a escolha de uma pastagem com alto potencial forrageiro e adaptação às condições edafoclimáticas são condições essenciais para o êxito de um sistema de produção à pasto.

Nesse contexto, vem se destacando há mais de duas décadas, no Sul do Brasil, a grama missioneira-gigante (*Axonopus catharinensis* Valls), uma pastagem perene de verão produtiva, com alta aceitação pelos animais, excelente adaptação às condições edafoclimáticas do estado de Santa Catarina e a diferentes sistemas de manejo, com destaque para sistemas silvipastoris (SOARES et al., 2009; MIRANDA et al., 2012; DU-FLOT & VIEIRA, 2013; CHIARADIA et al., 2013; HANISCH et al., 2016). Com características que atendem as exigências e os requisitos das plantas que devem ser utilizadas em sistemas de produção animal à base de pasto, a Epagri registrou em 2014, junto ao Ministério da Agricultura, o primeiro cultivar da grama

missioneira-gigante identificado como cultivar SCS315 – Catarina-gigante (FIGURA 1).

## Origem e histórico de obtenção

A origem do cultivar SCS315 Catarina-gigante confunde-se com a origem da grama missioneira-gigante, que foi descrita por Valls & Peñalosa (2004).

“No vale do rio Itajaí, em Santa Catarina, a utilização de forrageiras do gênero *Axonopus* gerou um exemplo interessante de evolução de uma espécie cultígena. Por tratar-se de uma área originalmente coberta pela Mata Atlântica, o estabelecimento de forrageiras no

Recebido em 14/03/2022. Aceito para publicação em 03/08/2022.

<https://doi.org/10.52945/rac.v35i2.1443>

<sup>1</sup> Eng.-agr., Dra. Pesquisadora, Epagri/Estação Experimental de Canoinhas, BR 280, 1101, CEP 89466-500, Canoinhas, SC, e-mail: analucia@epagri.sc.gov.br

<sup>2</sup> Eng.-agr., Dr. Pesquisador aposentado da Epagri Estação Experimental de Ituporanga. E-mail: exalmeida2015@gmail.com

<sup>3</sup> Eng.-agr., M.Sc., Epagri/Estação Experimental de Lages, Rua João José Godinho, sn - Morro do Posto, Lages, SC, 88502-970 e-mail: flaresso@epagri.sc.gov.br

<sup>4</sup> Eng.-agr., Dr., Epagri/Estação Experimental de Lages, e-mail: murilodc@epagri.sc.gov.br



Figura 1. Pastejo de gado leiteiro em missioneira-gigante em área de caíva, após o término do ciclo da sobressemeadura de inverno

Foto: Ana Lúcia Hanisch

Figure 1. Dairy cattle grazing on a giant missionary in a caíva area, after the end of the winter overseeding cycle

Photo: Ana Lúcia Hanisch

vale foi condicionado à introdução de espécies de outras regiões, perdurando as mais adaptadas aos microambientes criados pela topografia local. Duas espécies de *Axonopus* foram adotadas para uso: *Axonopus jesuiticus*, a “grama missioneira”, estolonífera, tetraploide ( $2n=40$ ), da bacia platina, e *A. scoparius*, o “gramão”, espécie cespitosa, diploide ( $2n=20$ ), da bacia amazônica”.

A simpatria, criada por cultivos adjacentes entre essas duas espécies de *Axonopus*, possibilitou o surgimento de híbridos espontâneos, estoloníferos, dos quais diversos agricultores foram formando pastagens por propagação vegetativa (VALLS & PEÑALOSA, 2004). Em 1985 seis clones destes prováveis híbridos foram incorporados a bancos de germoplasma pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina (Empasc) – uma das empresas que em 1991 formaria a atual Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri). Esse material genético foi transplantado a canteiros, nas Estações Experimentais de Itajaí, Ituporanga, Lages e Urussanga e no atual CEPAF, em Chapecó, nos quais foi mantido em crescimento por um a dois

anos.

No período entre 1987 a 1990, em todos os locais, foram sendo selecionados os clones que apresentavam características uniformes e homogêneas por mais de dois ciclos de produção. Entre os seis acessos coletados inicialmente, um deles, o acesso EEI 85269 - coleta Tcacenco/Ramos 037 (TCACENCO & SOPRANO, 1997) - se destacou entre os demais, apresentando excelente performance, estabilidade e padrão de desenvolvimento em todas as estações experimentais. De forma independente, seu cultivo chegou à Argentina, onde foi incorporado à pesquisa, pelo Instituto de Botânica del Nordeste, de Corrientes.

Entre 1990 e 1994 esse acesso ficou conhecido por “missioneira gigante” devido às características de porte mais alto e de folhas mais largas em relação ao capim jesuíta (*A. jesuiticus* (Araújo Valls)). Em sucessivos ensaios de seleção e avaliação na Estação Experimental de Itajaí, o clone EEI 85269 destacou-se em comparação com outras espécies de pastagens nativas e naturalizadas.

Em 1999, o acesso foi classificado como um híbrido triploide ( $2n=3x=30$ ), o que está associado ao fato de a espé-

cie não possuir sementes viáveis – pois a meiose celular não produz gametas perfeitos – sendo identificado como *Axonopus catharinensis* Valls (VALLS et al., 2000; LAJÚS et al., 2011). A esterilidade, porém, não impede a propagação, realizada por via vegetativa. A partir de 2000 foram iniciados os experimentos de avaliação sob corte e com animais com este material, comparando-o com outras espécies de forrageiras perenes de verão. Os ensaios foram desenvolvidos nas Estações Experimentais de Ituporanga, Urussanga, Lages e Canoinhas e no Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar (Epagri/Cepaf), sendo que em todos os locais a espécie manteve suas características, mostrando-se uma espécie homogênea e estável.

Em 2002 foi realizado o lançamento desse material pela Epagri, denominada de “grama missioneira-gigante” e a partir de então foram realizados, continuamente, trabalhos de pesquisa e publicações, tanto pela Epagri quanto por outras instituições públicas e privadas. Os resultados confirmaram a ampla adaptação à Região Sul do Brasil e a diferentes sistemas de produção animal, com destaque para sistemas silvipastoris. Em 2014, após mais de duas décadas de seleção e avaliação desse material, o cultivar foi registrado pela Epagri junto ao Sistema Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC) com o certificado nº 29492 e identificado com cv. SCS 315 Catarina-gigante.

## Descrição morfológica e desempenho agrônômico

*Axonopus catharinensis* (Valls) é uma gramínea pertencente à família das Poáceas. O cultivar SCS315 Catarina-gigante é uma forrageira perene de ciclo estival, recomendada para sistemas de pastejo animal e propagada vegetativamente. Apresenta crescimento semiereto, com presença de estolões vegetativos (FIGURA 2A), alta relação folha:colmo (predominância de folhas), com presença de talos apenas no período reprodutivo e altura média de 50cm (FIGURA 2B). Sua estação de crescimento é de outubro a maio, podendo estender-se até o início da ocorrência de geadas. Apresenta alta palatabilidade, alta resistência à cigarril-

nha-das-pastagens (*Deois flavopicta*) e adaptação a níveis moderados de sombreamento.

A descrição morfológica detalhada quanto às características da planta que tornam possível a identificação do cultivar SCS 315 Catarina-gigante é apresentada na Tabela 1.

## Indicações de uso

- Pastagem perene de verão para pastejo sob manejo rotacionado;
- Sistemas silvipastoris com eucalipto;
- Sistemas silvipastoris tradicionais (caívas);
- Pastagens consorciadas (*Arachis* sp., *Lotus* sp., *Trifolium* sp., *Vicia* sp.);
- Pastagem com sobressemeadura de inverno.

## Recomendações de implantação e manejo

O plantio é realizado exclusivamente por mudas vegetativas (estolões ou divisão de touceiras), que podem ser produzidas em bandejas ou tubetes ou plantadas diretamente no solo. Recomenda-se espaçamentos entre mudas de 30 x 30 a 50 x 50cm.

O solo pode ser preparado em sistema convencional (subsolagem/aração/gradagem) quando em áreas já agricultáveis que apresentem compactação, ou pode ser realizado em plantio direto. Em áreas com declives ou arborizadas a missioneira-gigante pode ser implantada após a dessecação da grama nativa/naturalizada, sem revolvimento do solo, e plantada no espaçamento 30 x 30cm.

O cv. SCS315 Catarina-gigante é bem adaptado a solos de média fertilidade, mas exige pH acima de 5,0. Após implantada a pastagem deve ser adubada anualmente, normalmente no início da primavera e em meados do verão.

Sugere-se aplicar adubação orgânica anualmente e recomenda-se a aplicação anual de, no mínimo 150kg de N ha<sup>-1</sup> durante o ciclo de crescimento.

O pastejo deve ser realizado quando as plantas atingirem entre 25 a 30cm de altura, com consumo de 40 a 50% da massa de pasto, reduzindo-se assim a 15cm de altura.

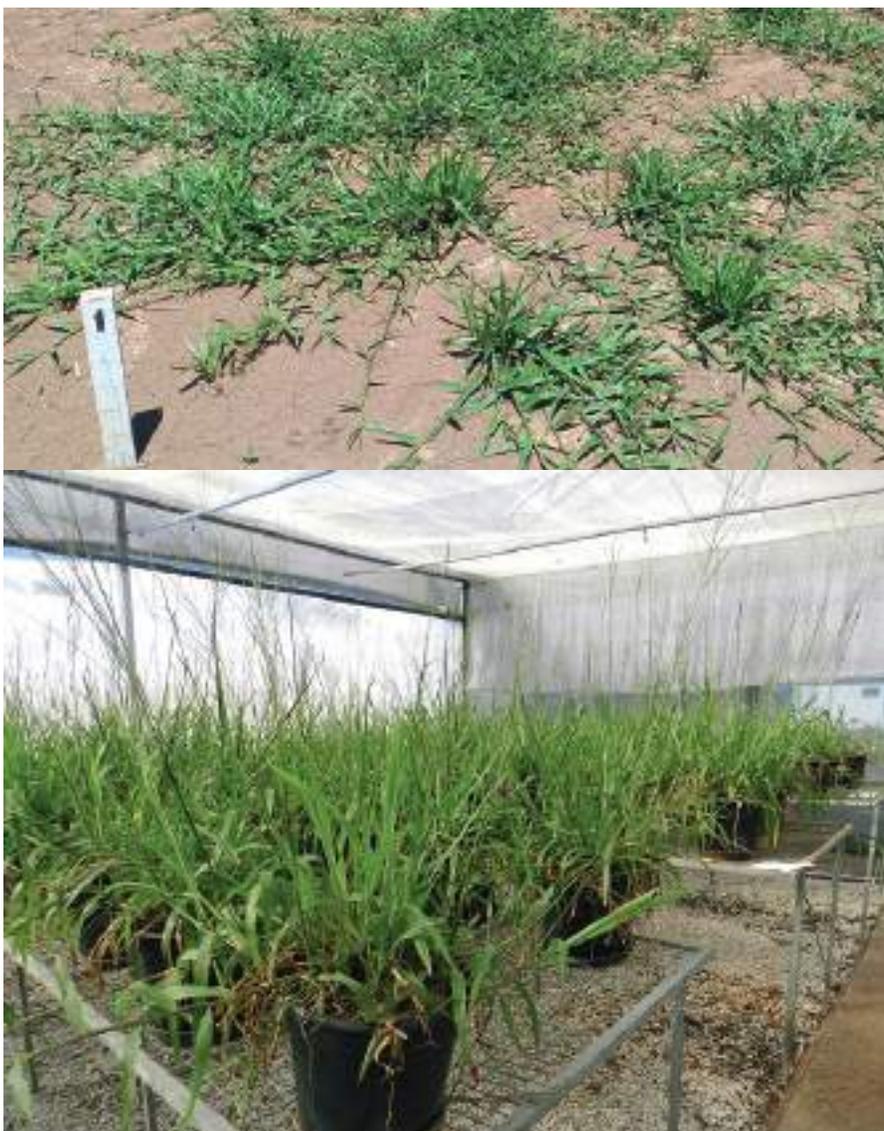


Figura 2. Desenvolvimento de estolões pós-plantio (A) e inflorescências no período reprodutivo (B)

Fotos: (A) Ana Lúcia Hanisch e (B) Murilo Dalla Costa

Figure 2. Post-planting development stolons (A) and inflorescences in the reproductive period (B)

Photos: (A) Ana Lúcia Hanisch e (B) Murilo Dalla Costa

## Perspectivas

Sendo uma espécie híbrida estéril, a missioneira-gigante não produz sementes e as pastagens são estabelecidas somente por mudas. Como a propagação é por mudas, não há variabilidade dentro do cultivar, não sendo assim possível desenvolver trabalho de melhoramento da forrageira para obtenção de cultivar mais produtivo, de melhor qualidade ou mais adaptado a determinadas condições de ambiente, solo e clima. A propagação vegetativa por mudas tam-

bém é um entrave a pecuaristas, sendo preterida devido às dificuldades de implantação, demanda de mão de obra e limitação ou inviabilidade de cultivo em grandes extensões.

Para superar esses problemas, a Epagri está desenvolvendo trabalho de melhoramento genético da forrageira, visando geração de variedades com maior capacidade produtiva ou qualidade que o cv. Catarina-gigante e, ao mesmo tempo, desenvolvimento de cultivar propagado por sementes. Para isso, está sendo utilizada como estratégia a dupli-

cação cromossômica. Esse procedimento foi utilizado com sucesso na geração de cultivares de híbridos entre milheto e capim-elefante, por exemplo. Assim, a duplicação cromossômica permite a geração de plantas hexaploides férteis a partir de plantas híbridas triploides de missioneira-gigante. Acessos hexaploides possuem variabilidade morfológica em relação ao híbrido triploide de origem e podem ter maior capacidade produtiva de forragem. Além disso, esse material fértil de missioneira-gigante permite a formação de populações de progênies, oriundas da germinação de sementes, avançando-se assim nas gerações de plantas férteis e no desenvolvimento de população selecionada com capacidade de produção de sementes.

## Disponibilidade de material

O cultivar SCS315 Catarina-gigante foi registrado junto ao Sistema Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC) com o certificado nº 29492. Atualmente, as áreas de multiplicação de propágulos vegetativos, para posterior disponibilização aos produtores/multiplicadores, estão localizadas nas unidades de pesquisa da Epagri, com a área de Planta Básica localizada na Estação Experimental de Canoinhas. A disponibilidade de mudas certificadas ocorre em viveiristas credenciados pela Epagri.

## Referências

CHIARADIA, L.A.; FEDALTO, V.J.; MIRANDA, M. Flutuação populacional de cigarrinha-das-pastagens na grama missioneira-gigante. *Agropecuária Catarinense*, v.26, n.3, p.70-75, 2013. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/RAC/article/view/601>

DAMIAN J.M.; MATOS E.S., PEDREIRA B.C.; CARVALHO P.C.F., PREMAZZI L.M., WILLIAMS S, PAUSTIAN K, CERRI C.E.P. Predicting soil C changes after pasture intensification and diversification in Brazil. *Catena*, v.202, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105238>.

DUFLOTH, J.H.; VIEIRA, S.A. Missioneira-gigante: rendimento animal em pastejo contínuo e aspectos nutricionais e econômicos. *Agropecuária Catarinense*, v.26, n.1, p.42-45, 2013.

Tabela 1. Descrição de algumas características morfológicas e produtivas do cultivar SCS315 Catarina-gigante no Estado de Santa Catarina

Table 1. Description of some morphological and productive characteristics of the cultivar SCS315 Catarina-gigante in Santa Catarina State

Altura média da planta	50cm
Ciclo	Gramínea perene de ciclo estival
Período de florescimento	Janeiro a março
Hábito de crescimento	Estolonífera/cespitosa
Propagação	Vegetativa (estolões e divisão de touceira)
Folhas	Eretas, verde brilhantes, geralmente glabras e com lígulas minúsculas
Largura da folha	15 a 20cm
Relação folha/colmo	25
Resistência à cigarrinha das pastagens	Muito alta
Capacidade de rebrota	Muito alta
Resistência às doenças	Muito alta
Resistência à seca	Alta
Resistência às baixas temperaturas	Alta
Resistência ao sombreamento moderado (<40% de sombra)	Alta
<b>Média do período de crescimento (outubro a maio)</b>	
Proteína bruta	12 a 14%
Fibra detergente neutro (FDN)	~55%
DIVMO*	65 a 70%
Produção total de matéria seca/ano	12 a 20 tMS.ha <sup>-1</sup>

\*Digestibilidade in vitro da matéria orgânica

HANISCH, A.L.; NEGRELLE, R.R.B; BALBINOT JR., A.A.; ALMEIDA, E.X. Produção, composição botânica e composição química de missioneira-gigante consorciada com leguminosas perenes. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.11, n.1, p.60-66, 2016.

LAJÚS, C.R; SCHEFFER-BASSO, S.M.; MIRANDA, M.; DENARDIN, R.B.N; VALLS, J.F.M. Morphophysiological characterization of giant missionary grass accessions *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.11, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011001100004>

MIRANDA, M; SCHEFFER-BASSO, S.M.; ESCOSTEGUY, P.A.V.; LAJÚS, C.R; SCHERER, E.E.; DENARDIN, R.B.N. Dry matter production and nitrogen use efficiency of giant missionary grass in response to pig slurry application. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.41, n.3, p.537-543, 2012. DOI: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982012000300009](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982012000300009)

SOARES, A.B. ADAMI, P.; SARTOR, L.; VARELLA ; FONSECA, L.; MEZZALIRA, J.C. Influência da luminosidade no comportamento

de onze espécies forrageiras perenes de verão. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.443-451, 2009. DOI: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982009000300007](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982009000300007)

TCACENCO, F.A.; SOPRANO, E. Produtividade e qualidade da grama missioneira [*Axonopus jesuiticus* (Araújo) Valls] submetida a vários intervalos de corte. *Pasturas tropicais*, v.19, n.3, p.28-35, 1997.

VALLS, J.F.M; PEÑALOZA, A.P.S. Recursos genéticos de gramíneas forrageiras para a pecuária. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande, MS. *Anais[...]* Campo Grande, MS: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004.

VALLS, J.F.M.; SANTOS, S.; TCACENCO, F.A. et al. A grama missioneira gigante: híbrido entre duas forrageiras cultivadas do gênero *Axonopus* (Gramineae). In: CONGRESSO NACIONAL DE GENÉTICA, 46, 2000, Águas de Lindóia. *Anais[...]* Águas de Lindóia: Sociedade Brasileira de Genética, [2000]. (CD-ROM).

# Depuration and heat treatment to reduce pathogen levels in bivalve molluscs produced in Santa Catarina State, Brazil

Robson Ventura de Souza<sup>1</sup>, Vanessa Moresco<sup>2</sup>, Marília Miotto<sup>3</sup>, Doris Sobral Marques Souza<sup>4</sup>, Carlos Campos<sup>5</sup> and Felipe Matarazzo Suplicy

**Abstract** – This review summarises the findings of studies, conducted in Santa Catarina State (SC), on the reduction of pathogens in molluscs via post-harvest treatments. Studies indicate that 48h depuration cycles can efficiently reduce the levels of *Salmonella* and naturally occurring *Vibrio* spp. in oysters, whereas viruses (hepatitis A virus and murine norovirus) require more than 48 hours to be completely inactivated. The tested depuration protocols were unable to eliminate the Protozoa *Cryptosporidium* and *Giardia*. The heat treatment protocol commonly adopted by local industries (steam cooking for 6 min at 100°C) can eliminate *Vibrio* spp. from mussels and murine norovirus from oysters. Despite some limitations, adopting these post-harvest treatments is an important strategy to improve the safety of mollusc consumption in SC.

**Index terms:** Oysters; Mussels; Post-harvesting treatment; Enteric virus.

## Depuração e tratamento térmico para redução dos níveis de patógenos em moluscos bivalves produzidos em Santa Catarina, Brasil

**Resumo** – Esta revisão resume os achados de estudos realizados em Santa Catarina (SC) sobre redução de patógenos em moluscos por meio de tratamentos pós-colheita. Estudos indicam que os níveis de *Salmonella* e *Vibrio* spp. de ocorrência natural podem ser eficientemente reduzidos em ostras por meio de ciclos de depuração de 48h, enquanto vírus (hepatite A e norovírus murino) requerem mais de 48 horas para serem completamente inativados. Protozoários (*Cryptosporidium* e *Giardia*) não foram eliminados pelos protocolos de depuração testados. O protocolo de tratamento térmico adotado nas indústrias locais (cozimento a vapor durante 6 min a 100°C) é capaz de eliminar *Vibrio* spp. de mexilhões e norovírus murino de ostras. Apesar de algumas limitações, a adoção desses tratamentos pós-colheita é uma estratégia importante para melhorar a segurança dos moluscos em SC.

**Termos para indexação:** Ostras; Mexilhões; Tratamento pós-colheita; Vírus entéricos.

## Introduction

Filter-feeding bivalve molluscs accumulate microorganisms, including human pathogenic bacteria and viruses when grown in sewage-polluted waters, and can present a significant health risk when consumed raw or lightly cooked (LEES, 2000; BUTT et al., 2004). To reduce the risk of human illnesses, many countries have implemented public health controls on the commercial production and/or wild gathering of bivalve molluscs (SOUZA et al., 2018). Essentially, these controls consist of monitoring faecal indicator

organisms (FIOs) in molluscs and/or water and classifying production areas based on the results of this monitoring, which is followed, when required, by post-harvest treatments (depuration, relaying<sup>6</sup>, and heat treatment) prior to sale for human consumption (FAO & WHO, 2018). Classifying production areas indicates their potential risk of contamination by pathogens. In 2012, Brazil enacted similar controls which require post-harvest treatments for molluscs from production areas with moderate levels of contamination.

Santa Catarina (SC) is the state which contributes the largest production of

cultivated molluscs in Brazil. Mollusc production varied yearly over the last decade and has exceeded 20,000 tons of brown mussels (*Perna perna*) and 3,000 tons of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) per year (available at: [www.infoagro.sc.gov.br](http://www.infoagro.sc.gov.br)). The total volume represents nearly 95% of the national production. The results from the official monitoring and classification programme conducted since 2012 (available at: [www.cidasc.sc.gov.br](http://www.cidasc.sc.gov.br)) showed that molluscs from most marine farms in SC must be subjected to post-harvest treatments. This review summarises the findings of scientific

Received on 09/11/2021. Accepted for publication on 13/05/22.

<https://doi.org/10.52945/rac.v35i2.1351>

<sup>1</sup> Veterinarian, Dr., Epagri/Centro de Desenvolvimento em Aquicultura e Pesca, CEP 88034-901, Florianópolis, SC, e-mail: [robsonsouza@epagri.sc.gov.br](mailto:robsonsouza@epagri.sc.gov.br)

<sup>2</sup> Biologist, Dra., University of California Riverside/Division of Biomedical Sciences/School of Medicine, Riverside, CA 92521-0001, USA, e-mail: [van.moresco@gmail.com](mailto:van.moresco@gmail.com)

<sup>3</sup> Biochemical pharmacologist, Dra., Universidade Federal de Santa Catarina/Centro de Tecnologia de Alimentos/Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Rodovia Admar Gonzaga, 1346, Itacorubi, Florianópolis, SC, 88034-001, e-mail: [marilia.miotto@ufsc.br](mailto:marilia.miotto@ufsc.br)

<sup>4</sup> Biologist, Dra., Universidade Federal de Santa Catarina/Centro de Ciências Biológicas/Laboratório de Virologia Aplicada, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, 88034-001, e-mail: [doris.sobral@gmail.com](mailto:doris.sobral@gmail.com)

<sup>5</sup> Biologist, PhD, Cawthron Institute, 98 Halifax Street East Nelson 7010, Private Bag 2, Nelson 7042, New Zealand, e-mail: [carlos.campos@cawthron.org.nz](mailto:carlos.campos@cawthron.org.nz)

<sup>6</sup> Relaying consists of transferring bivalve molluscs from polluted areas to areas with natural clean seawater for a period of time which can vary from a few days to several months, depending on the level of contamination.

studies on the efficiency of depuration and heat treatment in reducing pathogenic microorganisms under local conditions.

## Bivalve depuration

Depuration consists of placing bivalve molluscs harvested from moderately polluted areas in tanks with clean seawater for a period of time (commonly at least 42 hours), thus enabling them to cleanse or purge themselves of microbiological contamination by continuing their normal filter-feeding and digestive processes (REES et al., 2010). Depuration is unsuitable for cleansing molluscs from heavily contaminated areas or areas affected by other types of contaminants (e.g., trace metals, pesticides, etc.) (LEE et al., 2008). Bivalve depuration experiments conducted in SC involved studies on the pathogens *Salmonella* Typhimurium (CORRÊA et al., 2007), *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* (RAMOS et al., 2012), norovirus, hepatitis A virus (HAV) and human mastadenovirus (HAdV) (CORRÊA et al., 2012; SOUZA et al., 2013, PILOTTO et al., 2019), murine norovirus (MNoV) (SOUZA et al., 2013), and the Protozoa *Cryptosporidium* and *Giardia* (SOUZA et al., 2013).

Corrêa et al. (2007) investigated the reduction of *S. Typhimurium* contamination in artificially contaminated oysters using a commercial depuration system. They used a 1,000-L water tank with 2,400 oysters (*C. gigas*) placed in 19 perforated plastic baskets organized in four layers. A pump circulated water at a rate of 2,200L h<sup>-1</sup>. That study used a sterilizing system consisting of a 25W UV (254nm) low-pressure tube, a chlorine metering pump, and a sand filter. A refrigeration system maintained the water temperature at 19°C during all experiments. Prior to the start of depuration, *S. Typhimurium* counts in artificially contaminated oysters ranged from 15,000 to 20,000CFUg<sup>-1</sup> (colony-forming units per gram) of digestive tissue. The water was disinfected by ultraviolet (UV) light, chlorine (1ppm), and both. The combined UV light and chlorine treatment resulted in no growth of *S. Typhimurium* in oyster

samples within 12h. Both treatments with UV irradiation and chlorine reduced *S. Typhimurium* counts in oysters in all basket layers.

Corrêa et al. (2012) investigated the reduction of HAV and HAdV-5 in artificially contaminated oysters using an apparently similar system to the one used in the previous study. Dimensions (tank volume), water temperature, number of animals, and pumping rate were the same as those in the 2007 study. Differences from that study were the absence of chlorine treatment, three layers of baskets (instead of four), and the type of UV light (18W [254nm] unit). Prior to depuration, the authors placed a dozen oysters for 3h in a tank containing an estimated concentration of 600 viral particles L<sup>-1</sup> (5L of seawater seeded with 3 x 10<sup>3</sup> viral particles) of each type of virus. The oyster samples were tested using cell culture methods, as well as PCR and quantitative-PCR (qPCR). The molecular assays showed that the HAdV-5 genome was present in the oysters sampled in the beginning of the depuration experiment and over three subsequent time intervals (48, 72, and 96h), whereas the HAV genome was not detected after 96h of depuration. Viral viability tests (integrated cell culture-PCR and immunofluorescence assays) indicated that HAV was inactivated within 72h, whereas HAdV inactivation required 96h.

A subsequent study (RAMOS et al., 2012) investigated the reduction of *V. parahaemolyticus* and *V. vulnificus* in artificially contaminated oysters using different combinations of UV light and chlorinated seawater treatments. The authors contaminated the oysters with a mixture of five strains of *V. parahaemolyticus* or *V. vulnificus* at concentrations of 10<sup>4</sup> to 10<sup>5</sup> CFU mL<sup>-1</sup>. Batches of 120 oysters were subjected to depuration, conducted in a 350-L depuration tank at room temperature. The depuration set up recirculated water at 420L h<sup>-1</sup> for 48h and comprised a sand filter, centrifuge pump, chlorination tank, aeration system (Venturi tube), 3- and 5-mm polypropylene filters, an activated charcoal filter, a chlorine pump, and UV lamps. The authors tested three treatments: T1, untreated control; T2, UV light (two 16W lamps); and T3, UV light and chlorine (sodium

hypochlorite at a final concentration of 1 to 2ppm). Initial concentrations of *V. parahaemolyticus* were 1.1 x 10<sup>4</sup>, 6.6 x 10<sup>4</sup>, and 2.0 x 10<sup>5</sup> (all MPN g<sup>-1</sup>) for T1, T2, and T3. After 48h of depuration, these levels decreased by 2, 2.4, and 3.1 (all log<sub>10</sub> MPN g<sup>-1</sup>), respectively. The initial concentrations of *V. vulnificus* were 1.1 x 10<sup>2</sup>, 6.3 x 10<sup>2</sup>, and 5.0 x 10<sup>2</sup> (all MPN g<sup>-1</sup>) and the reductions, after 48-hour depuration, were 1.4, 2.5, and 2.4 (all log<sub>10</sub> MPN g<sup>-1</sup>) for T1, T2, and T3, respectively.

Souza et al. (2013) evaluated norovirus, HAdV and protozoa *Cryptosporidium* and *Giardia* depuration dynamics in oysters using different UV doses. The authors contaminated the animals by translocating them to marine areas with different levels of contamination and harvesting them 14 days later. Some animals also underwent artificial contamination with HAdV type 2 (HAdV-2) and murine norovirus type 1 (MNoV-1). The depuration experiment was conducted on a batch of 540 oysters in a 300-L tank with a pump maintaining a flow rate of 1,800L h<sup>-1</sup> and tested a control (no UV) and two treatments: T1 - UV reactors with a minimal dose of 16mJ cm<sup>-2</sup> with 18W and T2 - minimal UV dose of 44mJ cm<sup>-2</sup> with 36W. The room temperature during all the depuration procedures was 20±2°C. The authors detected HAdV 14 days after relaying in all the sites (6.2 x 10<sup>5</sup> to 4.4 x10<sup>7</sup> gc g<sup>-1</sup>) and *Giardia* cysts in only one site. The authors observed HAdV genomes, *Giardia* cysts, and *Cryptosporidium* oocysts up to 168h of depuration, regardless of the UV treatment. In the artificially contaminated and depurated oysters, the authors detected genomes of HAdV up to 168h and of MNV-1 up to 96h of depuration. Depuration failed to eliminate the protozoa or degrade the HAdV genomes but managed to degrade the MNV-1 genomes.

A study by Pilotto et al. (2019) investigated the effect of UV light in inactivating HAdV-2 and MNV-1 in depurated oysters. The authors used two depuration units with the same specifications as those used by Souza et al. (2013), one with a UV reactor (36W) and another tank without a reactor. The authors placed 50 artificially contaminated oysters in each tank, dividing them into two plastic baskets

maintained under controlled seawater temperature (19°C). Virus infectivity tests were performed by plaque assay and the results, reported as plaque forming units per millilitre (PFU ml<sup>-1</sup>). The authors did not specify virus levels at the beginning of their experiments. After 24h, UV light treatment completely inactivated HAdV-2. The authors found no infectious virus in the tank without UV light after 48h but detected infectious MNV-1 in both treatments (with and without UV) after 120h of depuration, decreasing by only 1.2 log<sub>10</sub> during this period.

## Thermal inactivation of pathogens

We only reviewed studies which focused on heat treatment to eliminate the FIOs/pathogens accumulated by the molluscs in farms or wild harvesting areas. Results on the effect of different processing and packaging techniques on the shelf life of products based, for instance, on mesophile and psychrotroph counts are not included.

Ramos et al. (2011) assessed the microbiological quality of pre-cooked and refrigerated seafood marketed in SC. They determined *E. coli*, coagulase-positive staphylococci, and *Salmonella* spp. levels in 12 mussel and 12 clam samples purchased in fish markets in Santa Catarina Island from June to September 2008. The authors reported maximum *E. coli* counts of 24,000MPN 100g<sup>-1</sup> and 2,300MPN 100 g<sup>-1</sup> (data transformed from MPN/g to MPN/100 g) in *P. perna* mussels and clams *Anomalocardia brasiliana*, respectively. *Salmonella* spp. was absent in all samples (25g samples). In total, five clam samples exceeded the national legal limit (ANVISA, 2019) for coagulase-positive staphylococci (10<sup>3</sup>CFU g<sup>-1</sup>). Lima et al. (2017) evaluated the microbiological characteristics of *P. perna* mussel samples before and after the heat treatment commonly used by the industry in SC. The samples were cooked under steam at 100°C for 6 min in a vertical autoclave and cooled by immersion in a tank containing water and ice at 10°C for 10 min. The authors noticed that heat treatment eliminated *Vibrio* spp. (which had been detected in fresh mussels), without

recontamination after processing.

Souza et al. (2018) evaluated the viral infectivity of HAdV-2 in *A. brasiliana* clams using ICC-et-RT-qPCR after heat treatment. The authors immersed the animals in boiling water over different time periods (0, 1, 1.5, 3, and 5min), finding that the temperature inside their digestive tissues remained <80°C over time. After 5 min of cooking, HAdV-2 levels decreased by 90% (1log<sub>10</sub>) but were still detectable. The study concluded that consumers can be exposed to infectious human viruses if clams are only slightly cooked.

Pilotto et al. (2019) investigated HAdV-2 and MNV-1 stability in steamed oysters (*C. gigas*). The oysters were kept in boiling water until their valves opened (<6 min). Cooking times ranged from 2 min 5 s to 6 min 15s and their average internal temperature ranged from 83°C to 93.25°C. The minimum internal temperature measured in the oyster tissues immediately after shell opening was 83°C at 3.5 min. The plaque assay revealed no infectious HAdV-2 and MNV-1 inside oyster tissues after cooking, but PCR still detected MNV-1 genome copies after heating, which were probably derived from non-infectious virus particles.

## Discussion

While mussels and clams are traditionally sold as cooked products in SC, Brazil has an important market for live oysters. Considering that a significant proportion of the bivalve molluscs produced in SC must be subjected to post-harvesting treatments, depuration can be a viable option to reduce the microbiological risks of such products. Research findings on depuration in SC indicate that this process can efficiently reduce the levels of the most prevalent bacterial pathogens, such as *Salmonella* and *Vibrio* (SOUZA et al., 2022), in oysters. For instance, the process eliminated *S. Typhimurium* within 12h and reduced *V. parahaemolyticus* and *V. vulnificus* by at least 2.4log<sup>10</sup> MPN g<sup>-1</sup> in 48h.

The results of virus depuration experiments undertaken in SC show that enteric viruses persist longer in oysters than bacteria; agreeing with many other studies worldwide. When

discussing virus reduction in depuration experiments, it is important to bear in mind that some studies evaluated depuration efficiency based solely on the detection of virus genomes (e.g., PCR and qPCR), whereas others also investigated virus viability using cell culture techniques (Plaque Assay and ICC-RT-qPCR). Virus genomes can last longer than viable viruses. Therefore, the presence of genome does not necessarily indicate the presence of viruses capable of causing an infection. To date, most studies worldwide on viral depuration efficiency have focused on HNoV and/or surrogates (e.g., the feline calicivirus, F-specific RNA bacteriophages, and MNoV1) since these viruses persist longer in oysters than other enteric viruses and are a main cause of mollusc-related illnesses. These studies have used molecular PCR-based techniques to detect and quantify genome copies since there is still no standard cell culture method to determine HNoV infectivity (MCLEOD et al., 2017).

The studies conducted in SC which tested for HAV and HAdV in molluscs differed in their testing protocols for viral analyses: Souza et al. (2013) only used a molecular technique (qPCR) to detect and quantify genome copies whereas Corrêa et al. (2012) and Pilotto et al. (2019) used both qPCR and cell culture techniques (plaque assay and ICC-RT-qPCR) to evaluate viral infectivity. Corrêa et al. (2012) observed that infectious HAdV-5 were not detected in oysters after 72h of depuration, whereas they consistently found the virus genome up to 96h if depuration. That study used HAV as RNA virus controls and failed to detect this virus after 48 and 72h (infectious virus and genome copies, respectively) of depuration, suggesting its faster elimination than HAdV-5. The study of Souza et al. (2013) detected HAdV-2 genome in molluscs until 168h of UV-depuration. The most recent study (PILOTTO et al., 2019) found contrasting results, suggesting that infectious HAdV-2 in oysters can be completely inactivated after 12h when UV light is used to sterilise the water in depuration tanks. These studies indicated that, although HAdV (types 2 and 5) genomes can persist for days under depuration,

infectious particles decay before 24h in UV-treated depuration tanks.

It is important to bear in mind that no results show the efficiency of depuration in non-experimental conditions in SC. However, the characteristics of the depuration tanks, such as flow rates and UV dose, generally follow international best practices (LEE et al., 2008). In total, four of the reviewed studies artificially contaminated animals with laboratory-cultivated pathogens (ABREU CORRÊA et al., 2007; CORRÊA et al., 2012; RAMOS et al., 2012; PILOTTO et al., 2019) and only one exposed oysters to environments with different degrees of contamination over time. For other types of microorganisms, such as *E. coli*, the use of molluscs contaminated with artificially prepared cultures is considered inadequate to test depuration efficacy. Studies on the removal of bacteria during depuration using bivalves artificially seeded with bacterial cultures tend to show greater removal than studies using naturally contaminated shellfish (LEE et al., 2008).

In addition to studies on the reduction of pathogens reviewed in this article, other studies focused exclusively on reducing FIO levels during the depuration of *P. perna* mussels (SUPLICY, 1998), *C. gigas* oysters (BOBERMIN, 2013), and *A. brasiliiana* clams (LAGREZE et al., 2022). These report significant reductions within 48h. None of the reviewed studies tested the reduction of pathogen levels in conjunction with FIOs to provide information on potential exposure of local consumers to pathogen contamination via products meeting the end-product bacterial standard and this is an important knowledge gap. Furthermore, the literature lacks studies on the effectiveness of relaying as a treatment option for contaminated molluscs in the natural marine environment in SC.

*P. perna* mussels and *A. brasiliiana* clams are traditionally sold and eaten cooked in SC. This can be positive from a consumer safety viewpoint because it mitigates the risks of contamination from any pathogens acquired during primary production. However, light cooking practices (steaming, searing) do not necessarily provide the required temperature/time combination for efficient pathogen inactivation (BIOHAZ,

2015). The reviewed studies suggested that the heat treatment protocol commonly used by the industry in SC (steam cooking during 6 min at 100°C) potentially eliminated naturally occurring *Vibrio* spp. from produced mussels and eliminated HAdV-2 and MNV-1 from oyster samples. On the other hand, evidence suggests that 5 min of immersion in boiling water fails to completely eliminate HAdV from artificially contaminated clams. No studies were found on HAV inactivation in *P. perna* mussels or *A. brasiliiana* clams under heat treatment. Overseas studies have evaluated this for cultivated mussels (CROCI et al., 1999; HEWITT & GREENING, 2006; BIOHAZ, 2015; MESSENS et al., 2018). Croci et al. (1999) tested different protocols (60°C for 30 min, 80°C for 10 min, and immersion at 100°C for 1 min) which were insufficient to inactivate all the viruses in the mussels (*Mytilus galloprovincialis*). The authors found no viable HAV only when they prolonged the treatment at 100°C for 2 min. Hewitt & Greening also failed to inactivate all HAV from mussels (*Perna canaliculus*) steamed for 180s (mean internal temperature of 63°C), finding no viable HAV only when immersed mussels in boiling water for 180s (mean internal temperature of 92°C).

In a comprehensive review of thermal processing of live bivalve molluscs for controlling viruses, Messens et al. (2018) used a HAV thermal inactivation model to predict HAV inactivation in molluscs under three time-temperature profiles complying with the European '90°C for 90s' criterion prescribed by Regulation EC 853/2004. They predicted mean HAV reductions of 1.67, 2.92, and 4.13log plaque-forming units PFU g<sup>-1</sup>, depending on the analysed profile. Messens et al. show that the '90°C for 90 seconds' criterion may lead to significantly different HAV inactivation depending on the commercial process design. This evinces the need to develop thermal inactivation models for the mollusc species cultivated in SC and for locally prevalent pathogens to enable the definition of adequate heat treatment protocols. This is important since heat treatments which follow too conservative protocols may change the organoleptic characteristics and,

therefore, the commercial value of the products, whereas less stringent protocols could result in unsafe products and greater risks to consumers.

In the study by Ramos et al. (2011), which assessed the microbiological quality of pre-cooked and refrigerated seafood marketed in SC, maximum *E. coli* in both mussels and clams were higher than the end-product standard internationally recommended for live and raw bivalve molluscs (STANDARD FOR LIVE AND RAW BIVALVE MOLLUSCS CODEX STAN 292-2008). The authors did not specify if the samples were obtained from products processed in approved establishments. Therefore, their results should not be considered conclusive evidence that the molluscs sold in SC markets contain high FIO levels, including batches subjected to heat treatment. It is known that a significant proportion of the locally traded molluscs is processed in non-approved facilities and sold illegally. Such products pose risks to consumers due to inadequate hygiene and safety conditions. Future investigations on the microbiological quality of molluscs should consider this question. Nevertheless, Ramos et al. (2011) provides evidence that molluscs subjected to heat treatment can have poor microbiological quality and that processing conditions also determined quality.

## Conclusion

Laboratory experiments indicate that depuration can efficiently reduce the levels of some of the most prevalent bacterial pathogens in oysters. *S. Typhimurium* can be eliminated within 12h and *V. parahaemolyticus* and *V. vulnificus* can be reduced by as much as 2 log<sup>10</sup> MPN g<sup>-1</sup> in a two-day depuration cycle. On the other hand, HAV can take more than 48 hours to be inactivated and the only study which analysed a NoV surrogate failed to detect virus inactivation after 120h of depuration. This treatment was inefficient in eliminating protozoa from oysters. The heat treatment protocol commonly used by the industry in SC (steam cooking during 6 min at 100°C) can eliminate naturally occurring *Vibrio* spp. from mussels and HAdV-2 and MNV-1 from oysters. The HAV inactivation

dynamics under heat treatment for the species cultivated in SC (mussels *P. perna* and clams *A. brasiliana*) is an important knowledge gap.

## References

- ANVISA. **INSTRUÇÃO NORMATIVA N° 60, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2019**. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. 2019.
- BIOHAZ. Evaluation of heat treatments, different from those currently established in the EU legislation, that could be applied to live bivalve molluscs from B and C production areas, that have not been submitted to purification or relaying, in order to eliminate. **EFSA Journal**, v.13, 2015. DOI: <http://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4332>.
- BOBERMIN, D.M. **Avaliação de sistema compacto para depuração de ostras (*Crassostrea gigas*) contaminadas com *Escherichia coli***. 2013. 78p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.
- 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**, v.4, p.201–212, 2004. DOI: [http://doi.org/10.1016/S1473-3099\(04\)00969-7](http://doi.org/10.1016/S1473-3099(04)00969-7).
- CORRÊA, A. DE; ALBARNAZ, J.D.; MORESCO, V.; POLI, C.R.; TEIXEIRA, A.L.; OLIVEIRA SIMÕES, C.M.; MONTE BARARDI, C.R. Depuration dynamics of oysters (*Crassostrea gigas*) artificially contaminated by Salmonella enterica serovar Typhimurium. **Marine Environmental Research**, v.63, p.479–489, 2007. DOI: [10.1016/j.marenvres.2006.12.002](https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2006.12.002).
- CORRÊA, A. DE A.; RIGOTTO, C.; MORESCO, V.; KLEEMANN, C.R.; TEIXEIRA, A.L.; POLI, C.R.; SIMÕES, C.M.O.; BARARDI, C.R.M. The depuration dynamics of oysters (*Crassostrea gigas*) artificially contaminated with hepatitis A virus and human adenovirus. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v.107, p.11–17, 2012.
- CROCI, L.; CICCOTZI, M.; MEDICI, D. DE; PASQUALE, S. DI; FIORE, A.; MELE, A.; TOTI, L. Inactivation of Hepatitis A virus in heat-treated mussels. **Journal of Applied Microbiology**, v.87, p.884–888, 1999. DOI: <http://doi.org/10.1046/j.1365-2672.1999.00935.x>.
- FAO; WHO. **Technical guidance for the development of the growing area aspects of Bivalve Mollusc Sanitation Programmes**. Food Safety and Quality Series 5. Rome, 292p.
- LAGREZE, F.J.S.; SÜHNEL, S.; RAMOS, R.J.; MIOTTO, M.; ALBUQUERQUE, M.C.P. DE; VIEIRA, C.R.W.; MELO, C.M.R. DE. Bioaccumulation and depuration of *Escherichia coli* in the tropical clam *Anomalocardia brasiliana* at different salinities. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.in press, p.101–110, 2022.
- HEWITT, J.; GREENING, G.E. Effect of Heat Treatment on Hepatitis A Virus and Norovirus in New Zealand Greenshell Mussels (*Perna canaliculus*) by Quantitative Real-Time Reverse Transcription PCR and Cell Culture. **Journal of Food Protection**, v.69, p.2217–2223, 2006. DOI: <http://doi.org/10.4315/0362-028X-69.9.2217>.
- LEE, R.; LOVATELLI, A.; ABABOUC, L. **Bivalve depuration: fundamental and practice aspects**. FAO Fisheries Technical Paper 511. Rome, 161p.
- LEES, D. Viruses and bivalve shellfish. **International Journal of Food Microbiology**, v.59, p.81–116, 2000. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0168-1605\(00\)00248-8](http://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00248-8).
- LIMA, M. DE; SIGA, C.; LEITEMPERGHER, F.; LERIN, L.A.; SOARES, L.S.; TOSATI, J.V.; RODRIGUES, N.B.; MONTEIRO, A.R. Mussel (*Perna perna*) Processing by an Alternative Method and Packaging Under Modified Atmosphere to Improve Physicochemical and Microbiological Characteristics. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.41, p.1–9, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1111/jfpp.12923>.
- MCLEOD, C.; POLO, D.; SAUX, J.C. LE; GUYADER, F.S. LE. Depuration and Relaying: A Review on Potential Removal of Norovirus from Oysters. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.16, p.692–706, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1111/1541-4337.12271>.
- MESSENS, W.; FERNANDEZ-ESCAMEZ, P.S.; LEES, D.; LINDQVIST, R.; O'MAHONY, M.; SUFFREDINI, E.; CORTIÑAS ABRAHANTES, J.; CHANTZIS, E.; KOUTSOUMANIS, K. Thermal processing of live bivalve molluscs for controlling viruses: On the need for a risk-based design. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.58, p.2854–2865, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1080/10408398.2017.1338246>.
- PILOTTO, M.R.; SOUZA, D.S.M.; BARARDI, C.R.M. Viral uptake and stability in *Crassostrea gigas* oysters during depuration, storage and steaming. **Marine Pollution Bulletin**, v.149, p.110524, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110524>.
- RAMOS, R.J.; CIROLINI, A.; SILVA, H.S. DA; MIOTTO, L.A.; MIOTTO, M.; VIEIRA, C.R.W. Microbiological quality of pre-cooked seafood marketed in Santa Catarina Island, Brazil TT - Qualidade microbiológica de frutos do mar pré-cozidos comercializados na Ilha de Santa Catarina, Brasil. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v.70, p.560–565, 2011.
- RAMOS, R.J.; MIOTTO, M.; SQUELLA, F.J.L.; CIROLINI, A.; FERREIRA, J.F.; VIEIRA, C.R.W. Depuration of Oysters (*Crassostrea gigas*) Contaminated with *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* with UV Light and Chlorinated Seawater. **Journal of Food Protection**, v.75, p.1501–1506, 2012. DOI: <http://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-11-467>.
- REES, G.; POND, K.; KAY, D.; BARTRAM, J.; DOMINGO, J.S. (Ed.). **Safe Management of Shellfish and Harvest Waters**. London: World Health Organization, 2010. 360p.
- SOUZA, D.S.M.; DOMINOT, A.F.Á.; MORESCO, V.; BARARDI, C.R.M.; SOBRAL, D.; SOUZA, M.; FERREIRA, A.; DOMINOT, Á.; MORESCO, V.; REGINA, C.; BARARDI, M. Presence of enteric viruses, bioaccumulation and stability in *Anomalocardia brasiliana* clams (Gmelin, 1791). **International Journal of Food Microbiology**, v.266, p.363–371, 2018.
- SOUZA, D.S.M.; PIAZZA, R.S.; PILOTTO, M.R.; NASCIMENTO, M. DE A. DO; MORESCO, V.; TANIGUCHI, S.; LEAL, D.A.G.; SCHMIDT, É.C.; CARGIN-FERREIRA, E.; BÍCEGO, M.C.; SASAKI, S.T.; MONTONE, R.C.; ARAUJO, R.A. DE; FRANCO, R.M.B.; BOUZON, Z.L.; BAINY, A.C.D.; BARARDI, C.R.M. Virus, protozoa and organic compounds decay in depurated oysters. **International Journal of Food Microbiology**, v.167, p.337–345, 2013. DOI: [10.1016/j.ijfoodmicro.2013.09.019](https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.09.019).
- SOUZA, R.V. DE; CAMPOS, C.; GARBOSSA, L.H.P.; VIANNA, L.F. DE N.; VANZ, A.; RUPP, G.S.; SEIFFERT, W. A critical analysis of the international legal framework regulating the microbiological classification of bivalve shellfish production areas. **Reviews in Aquaculture**, v.10, p.1025–1033, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1111/raq.12222>.
- SOUZA, R.V. DE; MORESCO, V.; MIOTTO, M.; SOUZA, D.S.M.; CAMPOS, C.J.A. DE. Prevalence, distribution and environmental effects on faecal indicator bacteria and pathogens of concern in commercial shellfish production areas in a subtropical region of a developing country (Santa Catarina, Brazil). **Environmental Monitoring and Assessment**, v.194, p.1–21, 2022. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10661-022-09950-5>.
- SUPLICY, F.M. **Ensaios sobre a depuração do mexilhão *Perna perna* (L.,1758)**. 1998. 81f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 1998.

# Requerimentos agroclimáticos para a cultura do lúpulo

Gabriel Berenhauser Leite<sup>1</sup> e Cristina Pandolfo<sup>1</sup>

**Resumo** – O lúpulo é uma nova espécie com interesse de cultivo em Santa Catarina. Poucas são as informações locais a respeito da sua adaptação e de seu desempenho nas condições climáticas do Estado. Apesar de ser uma planta originária de clima temperado e altas latitudes, com invernos frios e fotoperíodo variável ao longo do ano, experiências de cultivo demonstram viabilidade em regiões mais quentes e de latitudes mais baixas. Este fato demonstra que alguns parâmetros agroclimáticos, até agora considerados adequados ao crescimento e desenvolvimento da cultura, são controversos. Este estudo objetiva discutir estes parâmetros à luz dos conhecimentos atualmente existentes.

**Termos para indexação:** *Humulus lupulus* L.; Fotoperíodo; Temperatura; Soma térmica; Dormência; Vernalização.

## Agroclimatic requirements for hop culture

**Abstract** – Hops is a new species with interest for cultivation in Santa Catarina. There is little local information regarding its adaptation and performance in these climatic conditions. Despite being a plant originating from temperate climate and high latitudes, with cold winters and variable photoperiod throughout the year, cultivation experiences demonstrate the feasibility of cultivation of hop in warmer regions and lower latitudes. This fact demonstrates that some agroclimatic parameters, until now considered for the crop, are controversial. This study aims to discuss these parameters in light of the new knowledge currently available.

**Index terms:** *Humulus lupulus* L.; Photoperiod; Temperature; Thermal sum; Dormancy; Vernalization.

## Introdução

O lúpulo (*Humulus lupulus* L.) é uma planta de região temperada tradicionalmente cultivada na Europa, entre as latitudes de 35° e 55° Norte (SIRRINE, 2009; DE CARVALHO, 2018). Apesar de ser perene, a parte aérea da planta do lúpulo tem um comportamento anual, com brotação a partir de um rizoma/bulbo e desenvolvimento vegetativo dos ramos verticais ao longo da primavera e do verão, com produção de ramos florais a partir do verão e início do outono. No final do outono e início do inverno, a parte vegetativa entra em senescência e a planta entra em dormência, fechando assim o ciclo anual.

Por ser uma planta de clima temperado e ter o seu cultivo até há pouco tempo restrito a essas regiões, os parâmetros agroclimáticos da cultura foram, de maneira geral, determinados com base no clima destas regiões. Disto depreende-se a necessidade de frio hibernal para a indução da brotação e do fotoperíodo para a diferenciação floral em quase todos os estudos a res-

peito da cultura (BAUERLE, 2019). Com a expansão do cultivo para regiões até então consideradas como marginais, observou-se que esta espécie apresenta uma plasticidade maior do que se supunha.

Neste trabalho são apresentadas as informações existentes sobre os parâmetros agroclimáticos da cultura encontrados em diversas publicações e confrontadas com a realidade de cultivo em condições climáticas divergentes às preconizadas.

## Fotoperíodo e floração

Mudanças na duração do dia, com horas de brilho solar se reduzindo a partir do solstício de verão, fornecem o sinal ambiental para o lúpulo passar do estágio de crescimento vegetativo para o reprodutivo. A redução do comprimento do dia é crucial para a transição de fase qualitativa da gema (BAUERLE, 2019). Com a redução do fotoperíodo em regiões de clima temperado, a planta para de crescer verticalmente e ocorre o início da diferenciação das gemas

que se encontram nas axilas das folhas, com desenvolvimento de ramos laterais mistos, com folhas e inflorescências, no terço superior do caule (SPÓSITO et al., 2019; BAUERLE, 2019).

O fotoperíodo ideal para a floração do lúpulo é discutível, pois o comprimento do dia exato é variável e geralmente específico do cultivar (CRAIN, 2011). Segundo Spósito et al. (2019), a indução floral pode ocorrer em um 'comprimento mínimo diurno' entre 8 e 10h, mas também fotoperíodos de até 16h de luz podem ser efetivos.

Thomas & Schwabe (1969), trabalhando com os cultivares Fuggle, CC 31 e New York Hop, concluíram que o lúpulo é uma planta de dia curto, ou seja: as plantas de dia curto florescem apenas quando os comprimentos do dia se tornam suficientemente curtos, com as horas do dia sendo menores do que o máximo limiar. Em seus estudos, plantas submetidas a fotoperíodos de 13,5h e 16,5h floresceram em 12 e 26 semanas, respectivamente. Já fotoperíodos de 20,5h e 24h reprimiram a floração, mas não o crescimento vegetativo.

Recebido em 30/07/2021. Aceito para publicação em 07/02/2022.

<https://doi.org/10.52945/rac.v35i2.1273>

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (Ciram), Rodovia Admar Gonzaga, 1347 – Itacorubi, Florianópolis, SC – Brasil – CEP 88034-901, e-mail: gabriel@epagri.sc.gov.br; cristina@epagri.sc.gov.br

Fotoperíodo muito curto (8h) induziu à dormência antes que a floração pudesse ocorrer, mostrando que há um número mínimo e um número máximo de horas para o lúpulo florescer. A conclusão dos autores é de que, de modo geral, o fotoperíodo adequado para o florescimento do lúpulo varia de 10 a 16h de luz. A duração do dia curto é importante, pois dias muito curtos (8h) induzem à dormência antes que a floração possa ocorrer. Em baixa temperatura, a indução é possível com fotoperíodo mais longo. Diferenças nas respostas entre os cultivares levam à conclusão de que há uma compensação entre o número de flores e o tempo necessário para florescer e também que cada genótipo pode ter um fotoperíodo que induza um florescimento mais rápido.

Como visto anteriormente, o lúpulo se desenvolve e floresce em uma ampla faixa de fotoperíodo, permitindo que possa ser cultivado em diferentes latitudes. Em latitudes mais altas, a acentuada redução de horas de luz por dia no outono favorece o processo de florescimento. No caso do Brasil, observa-se o cultivo em latitudes mais baixas, entre 15°S e 30°S, podendo essa menor amplitude do fotoperíodo influenciar no tempo de indução para o florescimento e no ciclo da cultura (SPÓSITO et al., 2019).

## Temperatura, soma térmica e radiação solar

Não existe unanimidade quanto à faixa ideal de temperatura para o desenvolvimento do lúpulo. Segundo Hilton (2002), a temperatura média anual ótima para a maioria das variedades ficaria entre 8°C e 10°C. Já Rybacek (1991) cita que a faixa ideal de temperatura para o desenvolvimento do lúpulo está entre 16°C e 18°C e que em temperaturas abaixo de 5°C e acima de 35°C a planta tem seu crescimento paralisado. Essa mesma faixa de temperatura corrobora com Burgess (1964), o qual afirma que a temperatura média deve aumentar gradualmente à medida que a estação avança, aproximadamente 10°C em meados de abril, quando o lúpulo inicia a sua atividade vegetativa, chegando a uma média máxima de 15,5°C a 18,3°C

em julho e agosto, com uma ligeira queda em setembro, no período em que os cones finalizam o amadurecimento no Hemisfério Norte. De acordo com Spósito et al (2019), o lúpulo se desenvolve bem em temperaturas um pouco mais elevadas, entre 20°C e 30°C. Como pode ser visto, as informações se baseiam nas condições de temperaturas observadas no local de produção e não em experimentação com tratamentos de diferentes faixas de temperatura. Eriksen et al. (2020), analisando o efeito das temperaturas sobre a capacidade fotossintética do lúpulo, observaram que, em termos gerais, temperaturas entre 21 e 39°C parecem ser o intervalo de crescimento ideal para os cultivares 'Cascade', 'Willamette' e 'Southern Brewer', com valores máximos de fotossíntese e absorção de CO<sub>2</sub> entre 27 e 39°C.

A temperatura na época da floração não parece desempenhar um papel importante na indução floral do lúpulo (CRAIN, 2011), mas, segundo Wagner (1975) e Leskovar (1978), *apud* Faghezzi (2020), a amplitude térmica pronunciada entre o período de floração e a colheita diminui a produção de cones (flores) e o conteúdo de alfa ácido, também conhecido como humulona, que é o composto químico sintetizado nas flores do lúpulo que dá o sabor amargo na cerveja.

O lúpulo é muito sensível às geadas da primavera, pois além impedirem totalmente o crescimento dos cones, elas danificam as folhas jovens se a temperatura for inferior a -5°C (RYBACEK, 1991).

O lúpulo é uma planta de pleno sol, com seu ponto de saturação luminosa variando de 400 a 430W.m<sup>-2</sup>, praticamente a totalidade da intensidade de luz incidente em um dia sem nuvens, perto do meio-dia (438 a 526W.m<sup>-2</sup> ou 2014 a 2500µm m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>), fotossintetizando quase a totalidade da luz recebida (SPÓSITO et al., 2019).

O lúpulo requer de 1.800 a 2.000h de insolação por ano, sendo que 1.300 a 1.500h devem ocorrer no período vegetativo para promover o rápido desenvolvimento necessário antes da indução ao florescimento provocado pela redução do fotoperíodo. Como o período vegetativo do lúpulo dura entre 122 e 127 dias, a planta necessita em média de 11,2h de sol por dia na primavera (RYBACEK, 1991).

Em termos de somas térmicas, o lúpulo necessita, da brotação até a maturidade dos cones, entre 1.751 a 2.900°C dia, dependendo do cultivar (MAROVT, 2007). A quantidade de humulona também é influenciada pelas somas térmicas (WAGNER,1968), devendo superar 800°C dia entre a floração e a colheita. Para Carrilho (1981), a soma térmica para o lúpulo seria de 2.500 a 3.000°C dia, enquanto que Kralj (1962) cita a necessidade de 2.400 a 2.500°C dia, evidenciando a diferença de requerimento entre os cultivares analisados. Zmrzlak (1991) e Zmrzlak & Kajfež-Bogataj (1996) apontam que a temperatura base, ou seja, a temperatura mínima necessária para o início da vegetação do lúpulo é de 5°C.

## Dormência/vernalização

As baixas temperaturas do inverno, sobretudo em condições de inverno de clima temperado, mantêm as plantas em dormência. Segundo Rybacek (1991), o período de dormência dura aproximadamente seis meses, da segunda quinzena de outubro ao início de abril no Hemisfério Norte, começando a partir do decaimento dos órgãos acima do solo no outono e transferência de reservas para as raízes de armazenamento e terminando com o surgimento de novos brotos na primavera. A reserva de amido nas raízes é usada na manutenção dos tecidos das raízes no processo de respiração durante este período. A partir da quebra de dormência das gemas, a planta retoma o seu desenvolvimento à medida que ocorre o aumento das temperaturas na primavera. Nessa época, as reservas de carboidratos do sistema radicular voltam a ser utilizadas pela planta como energia para iniciar as brotações das gemas e a formação dos ramos e folhas em um novo ciclo da cultura.

Assim como em todas as plantas de clima temperado, a quebra da dormência das gemas ocorreria com um acúmulo de horas de frio. Diversos autores citam a necessidade de acúmulo de frio hibernal para o desenvolvimento e a floração do lúpulo (SPÓSITO et al., 2019; DODDS, 2017; SIRRINE, 2009; WILLIAMS et al., 1961). Segundo Spó-

sito et al. (2019), a temperatura basal utilizada para a cultura do lúpulo nos Estados Unidos é de 6°C. Esta seria a temperatura abaixo da qual as plantas, dependendo da variedade, precisariam estar expostas por um período entre 30 e 60 dias. Dodds (2017) afirma que o lúpulo necessita de um período de vernalização com temperaturas que variam de 4 a 6°C para promover um crescimento vegetativo vigoroso e uniforme no ciclo seguinte. Do mesmo modo, Sirrini (2009) aponta a necessidade de 1 a 2 meses com temperaturas abaixo de 4,5°C para um crescimento vegetativo ideal, o que raramente seria satisfeito abaixo de 35° de latitude. Sem um período adequado de vernalização, a quebra da dormência pode ser insuficiente, resultando num fraco e errático crescimento de primavera. O crescimento vigoroso e sincronizado é importante para o bom desenvolvimento do dossel que, por sua vez, afetará a uniformidade da floração, o rendimento e a maturidade dos cones (WILLIANS et al., 1961).

A necessidade do acúmulo de frio no inverno é amplamente aceita na indústria do lúpulo. No entanto, dados publicados sobre temperatura limite e requisitos mínimos de resfriamento para a quebra da dormência no lúpulo são raramente encontrados. Segundo Bauerle (2019), a disseminação de publicações com informações locais de comportamento sem experimentação sobre frio e dormência levou, em parte, a uma noção arraigada de que o lúpulo requer vernalização e/ou dormência para que o meristema mude de um estado vegetativo para floral. A vernalização e a dormência foram aceitas como pré-requisitos de indução floral para lúpulo, por exemplo, mas não se conhecem dados publicados para substanciar ou refutar a necessidade de resfriamento e a baixa temperatura para a saída da fase de dormência, como também não há dados publicados disponíveis que mostrem uma correlação de horas de frio com a indução e o desenvolvimento de flores de lúpulo (BAUERLE, 2019).

Em seu trabalho com plantas vernalizadas e não vernalizadas, Bauerle (2019) mostrou não haver efeitos significativos de vernalização no rendimento do cone entre cultivares, em porta-enxertos, estacas e cultura de tecidos.

Ou seja, o lúpulo não requer baixas temperaturas ou dormência para atingir a iniciação e formação de flores típicas de cone de produção. Do mesmo modo, o rendimento e a qualidade do lúpulo também não foram significativamente diferentes com a exposição ou não ao frio e à dormência. Estes resultados fornecem evidências de que dois sinais de floração, dormência e vernalização não são necessários no florescimento do lúpulo. Neste trabalho, o autor não faz nenhuma consideração sobre o vigor e a sincronização das brotações para a formação do dossel nos diferentes tratamentos. Apesar disso, como ele afirma não ter tido diferença de rendimento, fica subtendido que também não houve diferenças quanto à qualidade da brotação. Deste modo, tem havido um retrocesso na reprodução e produção do lúpulo devido ao engano de uma exigência de vernalização e dormência (BAUERLE, 2019).

Em regiões em que as plantas não passam por um frio (vernalização), o estresse hídrico no inverno, seguido da retomada das precipitações no início da primavera, também serve de estímulo para a brotação de novos ramos (SPÓSITO, 2019).

## Precipitação

Pavlovič et al. (2012) comentaram que a chuva acumulada deve ser de 500 a 600mm no período vegetativo, enquanto Rybacek (1991) considera que o consumo hídrico acumulado é de 482mm (média diária de 3,85mm) e ressalta que, nos meses mais quentes do Hemisfério Norte (julho e agosto), o consumo hídrico é maior, cerca de 100mm por mês (DE CARVALHO, 2018).

## Considerações finais

O lúpulo apresenta uma grande plasticidade no que se refere à indução da floração, podendo florescer em uma ampla faixa de fotoperíodo (10 a 16 horas), permitindo assim ser cultivado em diferentes latitudes.

Não existe unanimidade quanto à faixa ideal de temperatura para o desenvolvimento do lúpulo, ficando a mé-

dia entre 15 e 30°C.

A amplitude térmica pronunciada, entre o período de floração e colheita, pode influenciar na qualidade do lúpulo, diminuindo a produção e o conteúdo de alfa ácido nos cones.

O lúpulo requer de 1.800 a 2.000 horas de insolação por ano, com somas térmicas, da brotação até a maturidade dos cones, entre 1.751 e 3.000°C dia, dependendo do cultivar.

O lúpulo não requer baixas temperaturas no inverno para atingir a iniciação e formação de flor, como também essas temperaturas não influenciam no rendimento e na qualidade do lúpulo.

O amplo intervalo de valores para os parâmetros encontrados na revisão pode ter sido influenciado pelos materiais genéticos (cultivares) diferentes utilizados pelos autores em diferentes regiões produtoras. Portanto, é importante estudar a adaptação de cultivares para escolher as que melhor se adaptam à região de cultivo pretendido.

## Referências

- BAUERLE, W.L. Disentangling photoperiod from hop vernalization and dormancy for global production and speed breeding. *Sci Rep.* v.9, 16003, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52548-0>
- BURGESS, A.H., **Hops, botany, cultivation and utilization.** ed. Polunin, N. Interscience Publishers, New York, 1964.
- CARRILHO, F. Necessidades do lúpulo do ponto de vista do clima e trabalhos culturais. **1as Jornas Técnicas sobre a Cultura do Lúpulo**, Braga. 1981.
- CRAIN, M.N. **Factors controlling hop flowering and their potential and their potential for use in the brewing and pharmaceutical industries.** Honors Program Theses. 33p. 2011. Disponível em: <https://scholarworks.uni.edu/hpt/10/> Acesso em 22 fev 2022.
- DE CARVALHO, V.P. **Zoneamento agroclimático da cultura de lúpulo para o estado do rio de janeiro: uma aplicação da lógica fuzzy.** 2018. 115p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- ERIKSEN, R.L.; RUTTO, L.K.; DOMBROWSKI, J.E.; HENNING, J.A. Photosynthetic Activity

of Six Hop (*Humulus lupulus* L.) Cultivars under Different Temperature Treatments. **HORTSCIENCE**, v.55, n.4, p. 403-409, 2020.

DODDS, K. **Hops, a guide for new growers**. NSW Department of Primary Industries, 44 p., 2017.

FAGHERAZZI, M. M. **Adaptabilidade de cultivares de lúpulo na região do planalto sul catarinense**. 2020. 118p. Tese (Dourorado), UDESC, Lages, 2020.

HILTON, J.F. **Farm Fresh Hops for six generation**, 2002. Disponível em: <https://www.hopsteiner.com>. Acesso em: 20 fev 2022.

KRALJ, D. Influence of temperature and rainfall on the growth of Savinja Golding. In: Yugoslavian symposium of hop production, I, 1962. **Symposium**[...] Velenje, Slovenia ; p. 7-20. 1962.

MAROV, M. **Vpliv gostote in razporeditve rastlin na rast, razvoj in kakovost hmelja**

(*Humulus Lupulus* L.). 2007. 51 p. TCC (Agronomije). Univerza V Ljubljani. 2007.

PAVLOVIČ, V., PAVLOVIČ, M., ČERENAK, A., KOŠIR, I. J., ČEH, B., ROZMAN, TURK, J., PAZEK, K., KROFTA, K., GREGORIC, G., Environment and weather influence on quality and Market value of hops, **Plant Soil Environment**, v. 58, p. 155-160, 2012.

RYBACEK, V. **Hop Production**, vol. 16. 1st edition. Holland: Elsevier Science. 286 p., 1991.

SPÓSITO, M.B.; ISMAEL, R.V.; BARBOSA, C.M.A.; TAGLIAFERRO, A.L. **A cultura do lúpulo** / -- Piracicaba: ESALQ Divisão de Biblioteca, 81 p., 2019 (Série Produtor Rural, no. 68).

SIRRINE, J.R. **Sustainable Hoop Production in the Great Lakes Region**. MSU Extention, 2009.

THOMAS, G.G., SCHWABE, W.W. Factors Controlling Flowering in the Hop (*Humulus*

*lupulus* L.). **Ann. Bot.**v.33, p.781-793, 1969.

WAGNER, T. **Hmeljarstvo**. 1. del – skripta. Kmetijski kombinat Žalec: 115 str.1968.

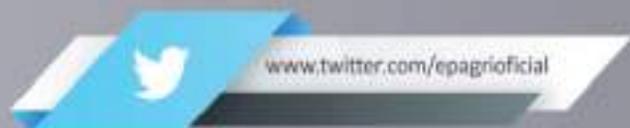
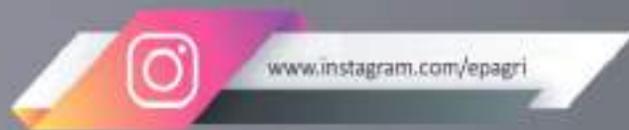
WAGNER, T. Vpliv temperature in vlage na pridelek hmelja v Sloveniji. **Hmeljarski bilten**, v.3, p. 81-88, 1975.

WILLIAMS, I.H.; ROBERTS, J.B.; COLEY-SMITH, J.R. Studies of the dormant phase of the hop (*Humulus lupulus* L.) **Annual report for 1960**. Department of Hop Research, Wye College England, p. 48–58. 1961.

ZMRZLAK, M. **Dynamics of phenological development of hops (cv. Savinjski Golding, Aurora) related to air temperature in lower Savinja valley**. 1991. 59p. Thesis (Graduation Agronomija). Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta.

ZMRZLAK, M., KAJFEŽ-BOGATAJ L. Phenological modeling of growth stages of the hop (*Humulus lupulus* L.). **Biometeorology**, IN: Int. Con. of Biometeorology, 14, 1996. **Proceedings**[...] Ljubljana, Slovenia, 1996

*Siga a Epagri nas redes sociais*



**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)**



[www.epagri.sc.gov.br](http://www.epagri.sc.gov.br)



[www.youtube.com/epagritv](http://www.youtube.com/epagritv)



[www.facebook.com/epagri](http://www.facebook.com/epagri)



[www.twitter.com/epagrioficial](http://www.twitter.com/epagrioficial)



[www.instagram.com/epagri](http://www.instagram.com/epagri)



[linkedin.com/company/epagri](http://linkedin.com/company/epagri)



<http://publicacoes.epagri.sc.gov.br>