

Agropecuária Catarinense



ISSN 0103-0779 (impressa)
ISSN 2525-6076 (on-line)
DOI 10.52945/rac
Vol. 37, nº 3, set./nov. 2024

SCS207 Querência Novo cultivar de feijão carioca

Sistema de previsão da
sigatoka da bananeira

Análise da produção de
maçã em Santa Catarina

Espectroscopia de reflectância
para textura de solo

Agropecuária Catarinense

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



Governador do Estado
Jorginho dos Santos Mello

Secretário de Estado da Agricultura e Pecuária
Valdir Colatto

Presidente da Epagri
Dirceu Leite

Diretores

Célio Haverroth
Desenvolvimento Institucional

Fabírcia Hoffmann Maria
Administração e Finanças

Gustavo Gimi Santos Claudino
Extensão Rural e Pesca

Reney Dorow
Ciência, Tecnologia e Inovação



Comitê de Publicações/Publication Committee

Alexandre C. M. Netto, Dr., Epagri/EEV
Ana L. Hanisch, Epagri, Dra., Epagri/EEC
Bruno C. da Silva, Dr., CEP/Camboriú
Cristiano J. Arioli, Dr., Epagri/EESJ
Cristiano Nunes Nesi, Dr., Cepaf
Fabia Tonini, Epagri/DERP
Fabiana Schmidt, Dra., EECN
Fábio S. Higashikawa, Dr., EELT
Gilson J. M. Gallotti, M.Sc., Epagri/EEC
Henrique B. Petry, Dr., EEU
João P. P. Gardin, Dr., EEV
José C. Gelseuster, bibliotecário
Júlio C. Ramos, Dr., Epagri/EECN
Leandro Hahn, Dr., Epagri/EECd
Léo T. Kroth, Dr., Cepa
Leonardo Araújo, Dr., Epagri/EESJ
Lucia M. Kinceler, Dra., Epagri/DEMC (Presidente)
Luiz A. M. Peruch, Dr., Epagri/DEMC
Luiz F. Vianna, Dr., Epagri/Ciram
Marcelo A. de Sá, Cepa
Marcelo M. de Haro, Dr., Epagri/EEI
Márcia C. Varaschin, M.Sc., Epagri/DEMC
Maria C. C. R. da Silva, Dra., Cepaf
Marlise N. Ciotta, Dra., Epagri/EEL
Mauro F. B. Junior, Dr., Epagri/EEU
Murilo D. Costa, Dr., Epagri/EEL
Natália da C. Marchiori, Dra., 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. – UFPA – Lavras, MG
Roberto Hauagge, Dr. – Iapar – Londrina, PR
Sami Jorge Michereff, Dr. – UFCA – Crato, CE

Colaboraram como revisores técnico-científicos nesta edição

Admir José Giachini
Ana Cristina Portugal Pinto de Carvalho
Antonia Mirian Nogueira de Moura Guerra
Ariane Castricini
Caio Takiyta
Carla Luciane Lima
Daniel Augusto Schurt
Dediel Amaral Rocha
Dulandula Silva Miguel Wruick
Edivânio Rodrigues Araújo
Eduardo Chumbinho de Andrade
Fábio Gelape Faleiro
Fernando Reimann Skonieski
Frederico Denardi

Maristela Camillo
Marlise Nara Ciotta
Murilo Dalla Costa
Paulo Antonio de Souza Gonçalves
Paulo Eduardo Rocha Eberhardt
Paulo Henrique Tschoeke
Regis Luis Missio
Rodrigo Martins Monzani
Rogério Luiz Backes
Rubens Onofre Nodari
Samuel Alex Coelho Campos
Tássio Dresch Rech
Thiago de Oliveira Vargas
Thyana Lays Brancher
Vivian Carré Missio

Jackson Adriano Albuquerque
João Frederico Mangrich dos Passos
João Guzenski
Jorge Luis Mattias
Júnia Cristina Péres R. da Conceição
Klaus Konrad Scheuermann
Leonardo Cesar Pradebon
Leonardo Demier Cardoso
Luadir Gasparotto
Luiz Clóvis Belarmino
Marcella Radael
Marcelo José Vieira
Marcos Roberto Dobler Stroschein
Maria GERALDA de Souza
Mario Orozco-Santos

Lista dos editores de seção

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

Sumário

Conhecimento ancestral: passado, presente e futuro da agricultura no Brasil	5
Luiz Fernando Vianna	
Biodinâmica, a agricultura com 100 anos de idade.....	7
Nelson Jacomel Junior	
Produção da macroalga <i>Kappaphycus alvarezii</i> em Santa Catarina, safra 2023/2024.....	9
Alex Alves dos Santos	
Controle das doenças da mandioca sob condições de cultivo no Brasil	12
Mauro Ferreira Bonfim Junior, Luiz Augusto Martins Peruch, Addolorata Colariccio e Eduardo Chumbinho de Andrade	
Efficacy of different chemical control strategies against Asian soybean rust	16
João Américo Wordell Filho, Cristiano Nunes Nesi, Yasmin Branger Figueiredo and Francine Zaiosc Simmi	
Retrato da aquicultura de truta arco-íris (<i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbaum, 1792) em Santa Catarina - Brasil	20
André Luis Tortato Novaes e Robson Ventura de Souza	
Produção de forragem de Tifton 85 inoculado com <i>Azospirillum brasilense</i> e <i>Pseudomonas fluorescens</i> e associado à redução de adubação nitrogenada.....	24
Tatiele Yara Baroncello, Abílio Spautz Netto, Gabrielle Vieira Seeber, Nathan Antunes de Souza, Vinícius José Farias, Kelen Cristina Basso Sonia Purin da Cruz	
Biofertilizante de <i>Kappaphycus alvarezii</i> estimula o desenvolvimento de plantas de manjeriço cultivadas em hidroponia..	27
Aline Nunes, Alex Alves dos Santos, Valéria Cress Gelli, Felipe de Souza Dutra, Alex Ricardo Schneider, Eva Regina Oliveira, Lohan Rodrigues Brandão Santos, Camila Pimentel Martins, Gadiel Zilto Azevedo, Jorge Luiz Barcelos Oliveira, Marcelo Maraschin e Giuseppina Pace Pereira Lima	
Capacidade germinativa <i>in vitro</i> de pólen de diferentes variedades de bananeiras diploides (<i>Musa acuminata</i>) coletadas ao longo de um ano em Santa Catarina	30
Ramon F. Scherer, Grace K. Kleber Romani	
SCS207 Querência: a high-yield carioca bean cultivar with superior grain size, color, and health attributes for southern Brazil	34
Sydney Antonio Frehner Kavalco, Waldir Nicknich, Thaila Rayssa Potrich Prezotto and Diego Henrique Pilatti Toniolo	
Análise da evolução da produção de maçã em Santa Catarina no período de 2014 a 2021	40
Rebeca Poluceno Souza, Alberto Fontanella Brighenti e Rogério Goulart Junior	
Avaliação de três variedades de milho de polinização aberta para a produção de silagem em duas épocas de plantio	46
Ana Lúcia Hanisch, Daniel Dalgallo, Felipe Bermudez Pereira, Donato João Noernberg e Ângela Fonseca Rech	
Padrão do escurecimento da polpa de novos cultivares de maçã para utilização em alimentos minimamente processados	54
Cristhian Leonardo Fenili, Cristiano André Steffens, Mariuccia Schlichting De Martin, Adriana Lugaresi, Eduardo da Silva Daniel e Tiago Miqueloto	
Proposal of a weather-based prediction system for Yellow Sigatoka in Santa Catarina State, Brazil	63
Mauro Ferreira Bonfim Junior; Álvaro José Back; Márcio Sônego; Joelma Miszinski and André Boldrin Beltrame	
Uso da espectroscopia de reflectância do solo na estimativa da textura para fins de seguro agrícola	69
Elisângela Benedet da Silva, Cristina Pandolfo, Gabriel Berenhauser Leite e Élvio Giasson	
Estabilidade produtiva e diferentes espaçamentos no cultivo anual do maracujazeiro ‘SCS 437 Catarina’ no município de Chapecó, Brasil	78
Rafael Roveri Sabião, Eduardo Cesar Brugnara, Victor Antenor Soares Barbosa Valeria Spagnol Vanin	
Indicação de genótipos polinizadores para o cultivar de macieira ‘SCS443 Isadora’	85
Marcus Vinicius Kvitschal, Thyana Lays Brancher e Rafaela Walesko Elias	

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

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

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

EDITOR-CHEFE: Adriana Tomaz Alves

EDITORES TÉCNICOS: Lucia Morais Kinceler
Luiz Augusto M. Peruch
João Vieira Neto
Paulo Sergio Tagliari

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

DIAGRAMAÇÃO E ARTE-FINAL: Victor Berretta

REVISÃO TEXTUAL: Laertes Rebelo (português) e Tikinet (inglês)

FOTO DA CAPA: Sydney A. F. Kavalco

DOCUMENTAÇÃO: José Carlos Gelsleuster

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

FICHA CATALOGRÁFICA

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

Editada pela Epagri (1991 –)

Trimestral

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

1. Agropecuária – Brasil – SC – Periódicos.

I. Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária, Florianópolis, SC. II. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

CDD 630.5

Editorial

São grandes demais os perigos dessa vida, como já dizia o poeta Vinicius de Moraes. Em qualquer atividade econômica há sempre quem escolha caminhos impróprios. No caso das publicações científicas isso não é diferente. Em um mercado estimado em US\$ 28 bilhões anuais seguem em ascensão as condutas ilícitas e isso exige cada vez mais atenção de autores, editores, indexadores etc.

As revistas predatórias são provavelmente a ameaça mais relevante atualmente no mercado editorial. Nesse caso são aquelas revistas do padrão: 'pagou, publicou'. O *modus operandi* dessas revistas geralmente é caracterizado por artigos aprovados sem passar por revisores científicos, com prazos curtíssimos para publicação, que geralmente não deixam claro quem de fato compõe o corpo editorial, entre outras características. Embora as revistas predatórias sejam a maior ameaça, a lista de atitudes antiéticas é bem mais extensa.

Os *paper mills* (fábrica de artigos), os indexadores predatórios, os artigos *fake* criados por inteligência artificial, assim como a venda de autoria em artigos e o aliciamento de editores são algumas das práticas reportadas.

Os *paper mills* são empresas dedicadas à criação de trabalhos *fake* com dados inventados para publicação em revistas. Muitas vezes, os trabalhos são publicados em revistas predatórias, podendo estar associados à venda de autoria por quantias variáveis para profissionais que não desenvolveram nenhuma pesquisa. Por vezes, esses trabalhos são publicados em boas revistas, o que leva obrigatoriamente à retratação do trabalho quando descoberto. Outro exemplo de prática desonesta é o aliciamento de editores de revistas, os quais recebem valores para facilitar a aprovação de trabalhos.

E finalmente os indexadores predatórios –, indexadores que geram fatores de impacto genéricos que causa confusão com o fator de impacto original da Clarivate, plataforma responsável pelo cálculo do fator de impacto (FI). Isto acarreta divulgação de FIs genéricos, que confundem autores na hora de escolher uma revista para publicar. Assim, os autores acreditam que estão publicando em uma boa revista, mas acabam levando gato por lebre.

E afinal, o que tem a RAC a ver com isso? A revista vem aplicando uma série de medidas para garantir sua transparência e credibilidade no meio editorial. Treinamentos de seus editores, adoção de ferramentas e políticas alinhadas com a ciência aberta, prospecção de editores de seção de diferentes instituições, entre outros. A adoção do *publication facts* é um exemplo prático de práticas de transparência. Essa ferramenta, presente no website de cada artigo, cita quantos revisores avaliaram o artigo, dias para publicação, etc.

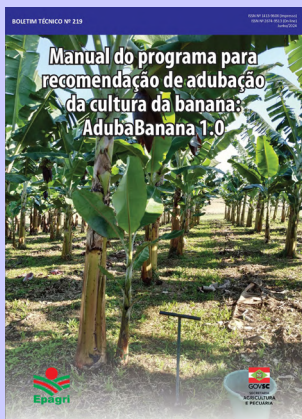
Nesta nova edição da revista, o destaque é o novo cultivar de feijão-carioca, SCS207 Querência, que apresenta boa produtividade e sanidade e será sem dúvida sucesso no mercado. Outros assuntos relevantes da revista são os trabalhos com doenças de plantas para as culturas da banana, mandioca e soja, focados basicamente na questão do manejo de doenças, como o sistema de previsão para sigatoka da bananeira, o controle químico da ferrugem da soja e as práticas para controle de doenças da mandioca. Além disso, a RAC aborda diversos outros tópicos importantes para a agricultura e a pecuária, incluindo trabalhos com manejo da cultura da macieira, uso da espectroscopia para avaliação de solos, entre outros.

Não deixe de ler a revista Agropecuária Catarinense.

Revista Agropecuária Catarinense

A ciência não pode parar!

Science cannot stop!



Manual do programa para recomendação de adubação da cultura da banana: AdubaBanana 1.0 (Impresso/On-line) – 2024 40p. Boletim Técnico, n° 219

Este boletim procura reunir e sintetizar resultados de pesquisa e experiências de extensão rural dos últimos anos e apresenta orientações para um adequado manejo nutricional das bananeiras. O software AdubaBanana 1.0 objetiva estimular e facilitar o manejo dos banais, automatizando a interpretação dos resultados das análises de solo e de tecido foliar e auxiliando a definir as recomendações de doses de corretivos e fertilizantes de forma precisa. Além disso, o usuário pode armazenar os laudos e emitir relatórios de forma personalizada. O programa apresenta uma interface amigável e intuitiva para facilitar o acesso às informações dos diferentes profissionais que atuam com a cultura da bananeira.



Restauração de formações florestais ciliares em propriedades rurais (Impresso/On-line), 2024 44p. Boletim Técnico, n° 223

Esta publicação aborda conceitos e técnicas para a restauração de matas ciliares. Além de apoio metodológico a técnicos que atuam na extensão rural e que participam direta ou indiretamente do Programa de Regularização Ambiental previsto no Novo Código Florestal Brasileiro. As orientações contidas neste Boletim Técnico têm como objetivo fornecer informações aos profissionais responsáveis pela elaboração dos Projetos de Recomposição de Áreas Degradadas e Alteradas (PRADAs) junto aos produtores rurais de Santa Catarina, bem como promover a recuperação e a preservação da vegetação nativa nas áreas ciliares do Estado. O programa, além de contribuir para a qualidade de vida no meio rural, representa um esforço para garantir a sustentabilidade ambiental, econômica e social da agricultura catarinense.



Avaliação de cultivares para o estado de Santa Catarina – 2024-2025 (Impresso/On-line) - 2024 104p. Boletim Técnico, n° 222

As avaliações do desempenho dos cultivares das diferentes culturas apresentadas neste Boletim Técnico são realizadas anualmente em diferentes regiões edafoclimáticas de Santa Catarina. Nessas avaliações se identificam aqueles com maior potencial de produtividade, boa adaptação regional e tolerância ou resistência às principais doenças e pragas. O uso de cultivares com essas características é o início de uma boa colheita. Para fins de financiamento e seguro agrícola privado ou público (Proagro ou Seaf) é essencial consultar os cultivares indicados para cultivo em Santa Catarina. As características e os períodos de semeadura ou plantio recomendados para cada município são de exclusiva responsabilidade de seus obtentores, de acordo com a Lei de Proteção de Cultivares do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), que os habilita para a produção e comercialização de sementes e mudas no País.

Nota: Estas publicações podem ser visualizadas no site da Epagri através do link: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/solucoes/publicacoes/publicacoes-lista/>



Manejo de formigas cortadeiras (Impresso/On-line) – 2024 32p. Boletim Didático, nº 177

As formigas cortadeiras, pertencentes aos gêneros *Atta* (conhecidas como saúvas) e *Acromyrmex* (conhecidas como quenquéns), atacam uma grande número de espécies vegetais nos ambientes naturais. As plantas cultivadas na agricultura, na silvicultura e na pecuária costumam ser severamente atacadas por essas formigas. Além de estarem disseminadas por todo o país, elas são consideradas as pragas mais importantes para a maioria das plantas cultivadas, pois o seu ataque é voraz e se dá durante o ano todo. Por isso o seu controle é imprescindível para o agronegócio brasileiro, uma vez que esses insetos podem causar grandes danos a culturas agrícolas e florestais, trazendo enormes prejuízos. Mas como combater as formigas sem causar danos ao meio ambiente? Esta publicação reúne informações fundamentais para o produtor controlar as formigas em áreas de cultivo de modo prático e eficiente e de acordo com as recomendações legais.



Anais das Palestras do Encontro Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado e 18º Seminário Catarinense de Olericultura. Epagri, 2024. 152p. (On-line)

Nesta obra estão os resumos de palestras proferidas nos dois eventos, realizados no município de Fraiburgo, SC. Os temas foram selecionados para atender aos mais importantes assuntos ligados à fruticultura de clima temperado e à olericultura. Para isso, foram convidados professores, pesquisadores e técnicos que lideram grupos de pesquisa, difundem técnicas eficazes de manejo e influenciam positivamente estes dois setores agrícolas no sul do Brasil. Nas palestras houve destaque para as culturas da maçã, pêssigo, uva, kiwi, morango, cebola, tomateiro, além de temas relacionados ao mercado. Um assunto especial foi a enxertia de araucária para produção precoce de pinhão.



Anais dos Resumos do Encontro Nacional de Fruticultura de Clima Temperado e 18º Seminário Catarinense de Olericultura, Epagri, 2024. 380p. (On-line)

Nesta publicação estão publicados os trabalhos científicos enviados por estudantes, professores, pesquisadores das principais instituições de pesquisa e ensino que desenvolvem ações de pesquisa e extensão em fruticultura e Olericultura do sul do Brasil, incluindo também outras regiões do Brasil e do mundo. Os trabalhos foram apresentados na forma de pôster nos três dias dos dois eventos e alguns trabalhos selecionados foram apresentados de forma oral. Além das frutas de caroço (maçã, pêssigo, ameixa, nectarina, pera) também houve destaque para kiwi, oliveira, amora preta, framboesa, grumixama, nêspera, marmeleiro, noz pecan, goiaba-serrana, figueira, palmito juçara, caqui e amendoeiras silvestres. Quanto às olerícolas, os destaques foram para alho, cebola, tomate, morango, cenoura, batata, mandioca, pimentão e lúpulo. Também foram apresentados trabalhos com alface, brócolis, pimenta, rúcula, acelga, abobrinha e repolho.

Nota: Estas publicações podem ser visualizadas no site da Epagri através do link: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/solucoes/publicacoes/publicacoes-lista/>

Conhecimento ancestral: passado, presente e futuro da agricultura no Brasil

Luiz Fernando Vianna¹

Estamos vivendo um momento ecológico-histórico no qual o passado e o presente estão dialogando intensamente. O resultado desse diálogo pode ser uma despedida, através da qual o passado será totalmente sepultado, juntamente com as suas culturas, tradições, valores e conhecimento. Ou um reencontro, no qual o passado será reconhecido e reintegrado a uma modernidade que sofre com as suas escolhas. Neste artigo apresento uma breve reflexão sobre a importância do conhecimento ancestral para o futuro da agricultura e do meio ambiente no Brasil.

A arqueologia, a etnografia e a ecologia histórica vêm abrindo novas perspectivas sobre a história ambiental do Brasil. Antes prevalecia a narrativa de que as florestas eram ambientes formados predominantemente por processos ecológicos independentes da influência antrópica. Hoje já se sabe que as populações humanas originárias da América do Sul interagiam ativamente como parte importante desses processos – os humanos como parte da natureza.

Durante a pandemia de Covid 19 e nos anos que a sucederam, a Amazônia e seus povos ganharam evidência tanto na mídia quanto nas pesquisas científicas, com destaque para a sua importância em relação às mudanças climáticas e à preservação da biodiversidade, diante de um processo acelerado de desmatamento e queimadas associado majoritariamente ao setor madeireiro e às práticas agropecuárias.

Na edição de julho de 2024 a revista Piauí publicou o artigo “A Floresta é a pirâmide”, do jornalista Bernardo Esteves. O jornalista entrevistou o arqueólogo Eduardo Neves, com quem discutiu importantes artigos

científicos publicados recentemente sobre a distribuição de espécies vegetais de interesse humano e a relação dessa distribuição com o uso ancestral delas. Entre os assuntos abordados, destaca-se a importância do conhecimento ancestral no manejo agroflorestal realizado até hoje pelas tribos mais isoladas da Amazônia, associando aspectos importantes da cultura daqueles povos em relação a sua medicina, alimentação e crenças religiosas.

Em abril de 2024, durante uma expedição ao Yaripo, montanha sagrada para os Yanomâmis, tive o privilégio de passar dez dias percorrendo trilhas e acampando na selva sob a guarda e a orientação dos indígenas da aldeia Maturacá. Em um dos acampamentos, no meio da Floresta Amazônica, o líder ianomâmi da expedição, Edvaldo (eles não pronunciam seus nomes verdadeiros) nos explicou que ali fora a aldeia onde seu avô nasceu e que futuramente estaria pronta para uma nova geração. Os Yanomâmis planejam suas aldeias pensando nas futuras gerações. Há critérios de escolha dos locais e a cada mudança eles propiciam a regeneração da floresta para que as gerações futuras possam novamente viver nela e dela. O que aprendemos sobre indígenas serem nômades é, na verdade, um processo de uso e regeneração planejado para manutenção da capacidade do ambiente em sustentar as futuras gerações.

Parte da técnica de regeneração adotada pelas sociedades indígenas está associada à noção de pertencimento à Natureza. Curiosamente o conceito de ecologia não existe na língua ianomâmi, uma vez que eles não possuem uma separação da Natureza. Para eles é muito difícil compreender

a forma como produzimos os nossos alimentos. Para eles floresta e alimento são indissociáveis. Tudo é feito de forma orgânica, natural, sutil, com base em conhecimento intergeracional transmitido através da oralidade, sem o emprego racionalizado de uma “tecnologia” e sem objetivos comerciais.

Durante minha vivência com os indígenas aprendi que cada integrante da floresta é uma entidade espiritual que merece respeito como se fosse um parente. Para se locomover, cultivar o solo, coletar frutos ou caçar, os ianomâmis pedem licença aos caminhos, aos minerais, às plantas e aos animais. Adentrar à floresta em um território indígena e percorrer suas trilhas em segurança só é possível com autorização dos xapiris (espíritos da floresta), que são consultados pelos pajés em rituais de proteção. Não é permitido aos napê (não indígena, branco) retirar nada da floresta, seja uma pedra, um galho ou uma semente caída no solo. Até mesmo os indígenas estão sujeitos a limitações de acesso a locais sagrados de acordo com a sua idade ou nível de aprendizado.

O que hoje observamos na Amazônia faz parte de um processo histórico com raízes fortemente associadas ao sul do Brasil. Enquanto a Amazônia ainda resguarda uma pequena porção de conhecimento ancestral vivo, o mesmo não pode ser dito em relação às sociedades e culturas nativas dos estados do Rio Grande do Sul (RS) e de Santa Catarina (SC). Esse conhecimento foi dizimado pelos colonizadores que suprimiram as florestas e os indígenas que habitavam essas terras.

Conhecermos essa história é fundamental para o futuro da agricultura no Brasil. O que hoje vem sendo observado e descoberto na

¹ Biólogo, Dr. em Geografia. Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri. Rodovia Admar Gonzaga, 1347 – Itacorubi, Florianópolis, SC -Brasil – CEP 88034-901. E-mail: vianna@epagri.sc.gov.br

Amazônia possui fortes ligações com o que vem sendo pesquisado nos estados do sul desde a década de 1990. O trabalho realizado pelo arqueólogo Francisco Silva Noeli é indispensável para compreendermos a forma como os guaranis e as demais etnias interagiam com o ambiente florestal do sul do Brasil. O que hoje compreendemos como um manejo florestal realizado pelas etnias amazônicas também possui evidências no RS e em SC. Da mesma forma, o processo de desmatamento e extermínio que ainda ocorre na Amazônia em muito se assemelha ao que ocorreu na Região Sul entre 1800 e 1900.

A sabedoria ancestral dos povos que habitavam o Brasil antes da chegada dos colonizadores ainda vive e começa a ser reconhecida como uma chave para a solução de diversos problemas ambientais e climáticos que hoje conhecemos. O Brasil talvez seja um dos poucos países do mundo que ainda possui esse conhecimento vivo sobre manejo sustentável de florestas. Mesmo grupos indígenas que já se integraram à “sociedade ocidental” mantêm algum nível de conhecimento ancestral associado ao manejo florestal. O que hoje orgulhosamente denominamos “Plantas Alimentícias Não Convencionais”, “Agricultura

Regenerativa”, “Agricultura Orgânica” ou “Sistemas Agroflorestais” nada mais é do que o despertar sobre algo que sempre foi feito no Brasil pelas suas populações originárias, mas que foi totalmente renegado pelo processo de colonização.

Ironicamente dois europeus podem ser considerados os grandes difusores do conhecimento ancestral na América do Sul. A extensa obra do suíço-paraguaio Moisés Santiago Bertoni (1857-1929) tem como destaque os três volumes de *La Civilización Guaraní* (1922, 1927, 1954). A importância da sua obra vai além do resgate do conhecimento ancestral: ela abarca o respeito e a admiração a esses povos e é considerada por historiadores contemporâneos como um contraponto científico ao discurso colonialista.

Em outra linha, atualmente no Brasil Ernest Götsch é conhecido como um dos grandes difusores da chamada “Agricultura Sintrópica”, uma abordagem de cultivo baseada na observação dos processos naturais encontrados nos ecossistemas florestais. Essa abordagem apresenta alguns aspectos técnicos oriundos da agronomia, mas sua base é ecológica. Apesar do atual reconhecimento, seu trabalho na Bahia dialoga com o que já praticava Sosthenes Miranda, conforme

documentado em “Sombreamento dos Cacauais” de 1938.

Ainda há muita resistência no meio rural para se adotar o conhecimento ancestral, mesmo quando ele vem atualizado através da Agricultura Sintrópica. Ainda é comum o discurso de que apenas os sistemas denominados “convencionais” são produtivos o suficiente para alimentarem uma população humana crescente. Mas, a passos lentos e firmes, as iniciativas práticas vêm demonstrando o contrário. É cada vez mais evidente que estamos diante da necessidade de uma regeneração ambiental urgente, que só será possível se for feita em paralelo à produção de alimentos. Precisamos aprender com os povos originários.

Em Santa Catarina tive o privilégio de conhecer uma propriedade rural, em Anitápolis, autossuficiente em alimentos. Em pouco mais de meio hectare de Agricultura Sintrópica duas agricultoras de origem europeia (uma neta de alemães e outra francesa) produzem seus alimentos, seus remédios e seus cosméticos. Tratam sua água e seus resíduos. Recebem pessoas interessadas em agroecologia e as acolhem em uma experiência única. E comercializam seus produtos em Florianópolis. Elas são, junto com as tribos amazônicas, uma prova da viabilidade em se produzir alimento de qualidade, em abundância e em sintonia com os fluxos naturais.

Reconhecer humildemente os equívocos que nossos ancestrais europeus cometeram durante o processo de colonização global e estar aberto ao aprendizado com os descendentes dos povos originários é o primeiro passo para ampliarmos nossos conhecimentos sobre o que é produzir alimento de forma sustentável em um país tropical. A agricultura do futuro no Brasil sempre existiu por aqui, apenas foi substituída por uma que se acreditava ser melhor, mas vem demonstrando suas limitações. Nosso desafio está em buscar uma integração entre os conhecimentos ancestrais e a agricultura de origem europeia para alcançarmos uma qualidade alimentar com sustentabilidade intergeracional.



“A agricultura é a arte de guardar o sol” – Sítio Aimotuá, Anitápolis.
Foto: Luiz Fernando Novaes Vianna

Biodinâmica, a agricultura com 100 anos de idade

Nelson Jacomel Junior¹

A agricultura biodinâmica é, como se diz, um “movimento raiz”, surgido no primeiro quarto do século 20, a partir de uma demanda de um grupo de agricultores preocupados com as perdas na qualidade dos alimentos que produziam, a queda da fertilidade dos animais com os quais trabalhavam, a baixa fertilidade do solo e a impossibilidade de colheitas repetidas.

Os agricultores procuravam por soluções, por uma forma de praticar agricultura que os aproximasse das possibilidades que a natureza nos traz. A partir de 7 de junho de 1924 um grupo de agricultores reunidos em Koberwitz, na atual Polônia, ouviu e trocou ideias a partir das suas visões individuais e coletivas com Rudolf Steiner, à época um filósofo já reconhecido, que resultaram numa série de palestras e conversas durante oito dias de trabalho. Steiner, nascido em 1861, estava em constante contato com a modernidade da sua época, espelhada em uma radical mudança dos sistemas de transporte e comunicação, com trens e redes ferroviárias e o telégrafo – o que hoje podemos considerar prosaico, dadas as facilidades destes mesmos instrumentos de comunicação na sociedade atual.

O resultado impresso das palestras é o livro “Fundamentos da agricultura biodinâmica”, cujo título original é “Noções básicas de humanidades para a prosperidade da agricultura”, que foi traduzido para 16 línguas. O curso agrícola, como ficou conhecido, foi de fato transformador e criou, naqueles agricultores, a visão do ser humano como mediador na tarefa de refazer a ligação entre o solo, as plantas, os animais. Dessa forma, os organismos vivos devam atuar de maneira individualizada para a harmonia do “organismo agrícola” e integração à paisagem, sob as influências que o planeta recebe vindas do espaço onde estamos. Enquanto as relações dos reinos podem ser facilmente

entendidas e aceitas, a relação com o cosmos demanda aprofundarmos nossa compreensão e, ao mesmo tempo, relacionar nosso ritmo de trabalho com os astros. Sucintamente, para avançar um passo na observação dos astros, vale lembrar que nenhum marinheiro questiona, por exemplo, a influência da Lua sobre as marés nos oceanos.

Características da agricultura biodinâmica

A agricultura biodinâmica caracteriza-se por aplicar o conceito de organismo agrícola ao local – nossa fazenda ou sítio – no qual o ser humano realiza a prática agrícola, vinculando todas as atividades dos reinos ali atuantes. Neste sentido, o organismo agrícola é composto por diversos órgãos que estão interligados e atuam sincronizados. A agricultura biodinâmica se utiliza dos preparados biodinâmicos (Figura 1) como meios de interação com os reinos, elaborando substâncias em apoio às plantas em seu desenvolvimento no organismo agrícola. Paralelamente, um organismo agrícola biodinâmico deve ser autossuficiente. Assim, quaisquer insumos que nele sejam admitidos devem trazer efeitos que mantenham a característica original.

Outra qualidade que a prática biodinâmica enfatiza é a responsabilidade social nas relações internas e com outros âmbitos da sociedade, ampliando o conhecimento e a compreensão dos atos que envolvem o trabalho agrícola. Finalmente, o organismo biodinâmico cria uma paisagem própria, que interage com o local, de modo a situar-se integrado ao ambiente em que se encontra.

A observação dos reinos e da natureza é uma prática na agricultura biodinâmica, adicionalmente ao ato de estarmos atentos aos solos

e à meteorologia, por exemplo. O estudo da astronomia, em paralelo à meteorologia, fundamenta muitos atos da produção agrícola e correlaciona o comportamento dos astros, com aquele das plantas e animais. As pessoas, mesmo em tempos atuais, costumam escolher certos momentos para fazer algumas tarefas com as plantas e animais. Plantar para colher flores ou raízes, fazer podas ou cortar plantas para uso no dia a dia são executados em certos momentos. Na biodinâmica, Maria Thun foi uma pesquisadora em biodinâmica que propôs um calendário para cultivos de plantas, conforme o tipo de produção que nos interessa e os planetas presentes na eclíptica².

Na recente versão do livro publicado sobre o curso agrícola, ganha destaque a fundação do Círculo de Pesquisa em Biodinâmica. Criado por iniciativa dos próprios agricultores reunidos em 9 de junho de 1924, este Círculo emergiu com a elaboração e aplicação dos preparados biodinâmicos e expandiu-se em diversas universidades, fazendo surgir institutos como o Forschungsring³.

A pesquisa em biodinâmica produziu inúmeros trabalhos. Por exemplo, a pesquisa sobre a influência da Lua e dos planetas sobre as plantas e animais, o manejo sustentável da fertilidade de solo por meio da compostagem, com adição dos preparados biodinâmicos, que promove, além da melhoria da qualidade do solo, a possibilidade de controle de plantas não desejadas.

A pesquisa na agricultura biodinâmica

O FiBL-Research Institute of Organic Agriculture, situado na Suíça, é um dos principais institutos de pesquisa mundiais em agricultura orgânica e biodinâmica. No Brasil, além dos agricultores biodinâmicos, pesquisadores estão realizando seus trabalhos em algumas

¹ Engenheiro agrônomo, MSc em Engenharia de Produção, Inovação Tecnológica, sócio da ABDSul. E-mail: terranovaestrela@gmail.com

² Plano da órbita da Terra ao redor do Sol

³ Forschungsring, de “Círculo de Pesquisa”, fundado em 1946, situado em Darmstad, na Alemanha.

universidades, outros tantos fizeram seus mestrados e doutorados no tema da agricultura biodinâmica. A professora Dra. Patrícia Bricarello tem praticado a agricultura biodinâmica com cultivos de hortaliças e criação de ovelhas em uma área da Fazenda Experimental da Ressacada, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em Florianópolis. Na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS-Campus Laranjeiras do Sul, PR), o professor Dr. Geraldo Deffune, pesquisador dos efeitos dos preparados biodinâmicos, instalou um experimento comparativo entre as agriculturas biodinâmica, orgânica e convencional, além de orientar diversas teses e dissertações.

A certificação biodinâmica, a CSA e o valor do alimento

Os desdobramentos da prática biodinâmica no campo socioeconômico foram rápidos. O surgimento da certi-

ificação de produtos biodinâmicos e o consumo comunitário ou solidário com a comunidade que sustenta a agricultura (CSA-Community Supported Agriculture) são exemplos consolidados.

O movimento raiz, que destaquei antes, fez surgir em 1928 a certificação na agricultura biodinâmica. Desta iniciativa emergiu a marca Demeter, atualmente sob os cuidados da BFDI⁴, da qual as associações nacionais de agricultura biodinâmica são associadas.

A realidade nos traz argumentos para aproximar produtor e consumidor como a fórmula adequada para trazer à luz do debate social o valor dos alimentos. Nos anos 80 do século 20, surgiu na agricultura biodinâmica uma iniciativa que promove essa aproximação, criando e reforçando os laços dentro da comunidade, que é a CSA, conforme dito acima. A história da CSA mostra as interações entre agricultores e consumidores: os primeiros fornecendo alimentos e os últimos contribuindo coletivamente para

a manutenção familiar, com um orçamento anual completo, incluindo saúde e férias. A virtuosidade está em que tal sistema estimula todos a reconhecer o trabalho do ser humano, desvinculando o produto do trabalho humano na agricultura de um determinado preço.

Consideração final

Este ano comemoramos 100 anos da agricultura biodinâmica: 100 anos de uma prática agrícola cujo fundamento é o estímulo ao desenvolvimento e à evolução da vida. Neste momento, estamos sendo confrontados com a necessidade de promover a vida de um modo muito mais intenso.

Temos uma demanda diante de nós: demonstrar nossa coragem para atuar com consciência e com a disposição do espírito e da ciência que nos ajudam nesse processo de evolução para humanidade e para a Terra.



Figura 1. Dinamizando preparado biodinâmico, sítio da ABDSul em Águas Mornas
Foto: Nelson Jacomel Junior

⁴ BFDI da sigla em inglês para Federação de Agricultura Biodinâmica Demeter Internacional.

Produção da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em Santa Catarina, safra 2023/2024

Alex Alves dos Santos¹

Introdução

A terceira safra da macroalga *Kappaphycus alvarezii*, em Santa Catarina, iniciou em setembro de 2023 e encerrou em maio de 2024. Mesmo assim, muitos produtores continuaram plantando algas durante os meses de junho e julho para garantir mudas para a próxima safra, a exemplo do que fizeram nas safras anteriores. Porém, de forma diferente dos invernos amenos de 2022 e 2023, em que as temperaturas não baixaram de 18°C, o inverno de 2024 apresentou uma variação de temperatura, na segunda semana de julho, de 15,9°C até 14,1°C na Baía Sul, com média em torno de 15°C, impactando as algas, especialmente a linhagem verde. As linhagens marrom e parda foram as que menos sofreram e sobreviveram. Daí, a importância de ampliar os estudos com maior número de linhagens, a fim de identificar aquelas que mais se adaptarão ao clima do sul do Brasil e que se tornarão candidatas prováveis aos estudos de melhoramento genético que se pretende conduzir.

A produção catarinense continua sendo estimulada pela crescente demanda nacional por biofertilizante e também por oportunidades que estão se apresentando para o uso da biomassa na biotecnologia, na pecuária, no comércio de créditos de carbono, etc. Este cenário de oportunidades foi determinante para a construção de um grande projeto nacional de pesquisa aplicada, envolvendo os estados de Santa Catarina, São Paulo e Rio de Janeiro, cujo objetivo é ampliar o comércio de *K. alvarezii* no Brasil. Tal projeto, capitaneado pela Embrapa, envolvendo instituição federal e estaduais públicas

de pesquisa e extensão dos respectivos estados, pretende captar recursos de emendas parlamentares junto ao Congresso Nacional, em 2024, para que os estudos possam ser iniciados a partir de 2025.

Dados da produção

A produção da macroalga *K. alvarezii* comercializada na safra 2023/2024 por Santa Catarina foi de 751,09 toneladas (t), representando um aumento de 150,07% em relação à safra 2022/2023 (330,35t) (Figura 1). Atuaram diretamente na produção nove municípios, reunindo 52 produtores que representaram um aumento de 136,36% em relação à safra 2022/2023 (Santos, 2023). Ao todo, foram 22 produtores

de Florianópolis, 10 de Palhoça, 5 de Biguaçu, 5 de Bombinhas, 3 da Penha, 3 de Governador Celso Ramos, 2 de Porto Belo, 1 de São José e 1 de São Francisco do Sul (Tabela 1).

O município que mais contribuiu para a produção total do estado de Santa Catarina foi Florianópolis, com uma produção de 351,21t, representando um aumento de 70,74% em relação à safra 2022/2023 (188,3t), seguido por Palhoça, Bombinhas e Governador Celso Ramos (Figura 2).

Além da produção comercializada (751,09t), os produtores deixaram de comercializar 260,40t e morreram outras 143,46t de algas em decorrência das chuvas, totalizando uma produção de 1.154,95t. As chuvas torrenciais, ocorridas em novembro e dezembro

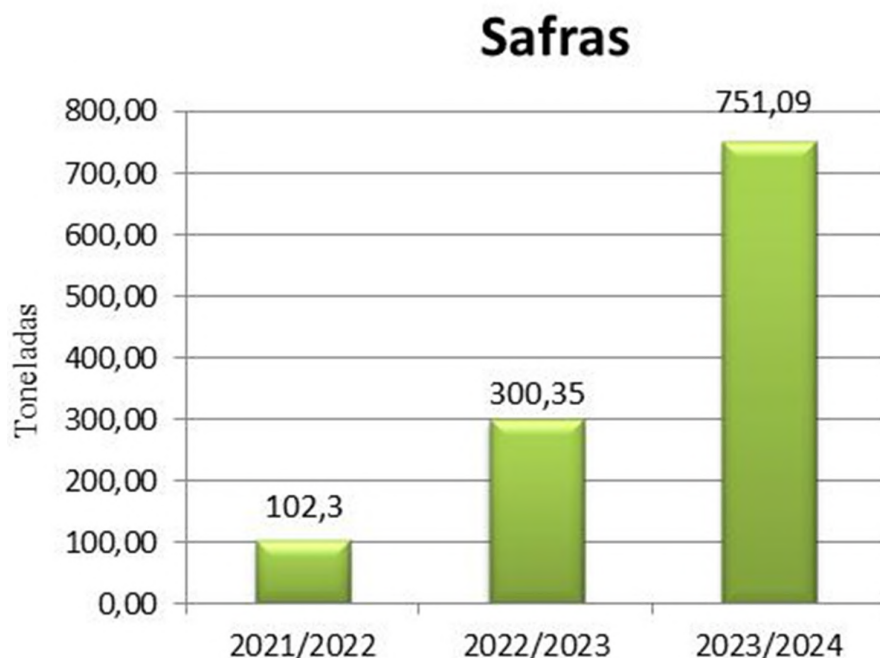


Figura 1. Dados da produção estadual da macroalga *Kappaphycus alvarezii*, em Santa Catarina

Fonte: Centro de desenvolvimento de Aquicultura e Pesca (Cedap)

¹ Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Epagri/Centro de Desenvolvimento de Aquicultura e Pesca (CEDAP), C.P. 502, 88034-901 Florianópolis, SC, fone: 483665-5051, e-mail: alex@epagri.sc.gov.br.

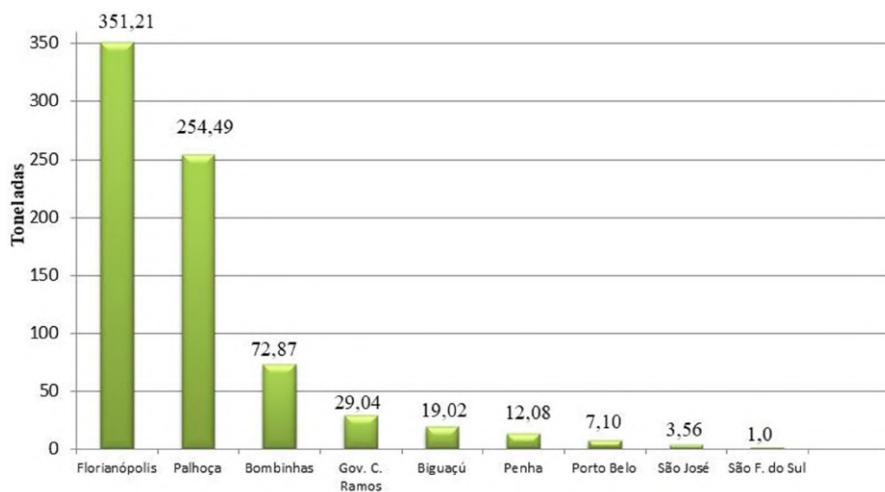


Figura 2. Dados das produções municipais da macroalga *Kappaphycus alvarezii*, em Santa Catarina

Fonte: Centro de desenvolvimento de Aquicultura e Pesca (Cedap)

de 2022, determinaram quedas de salinidade com mínimas verificadas de 3 a 4 ‰ (partes por mil) na região da Baía Sul, principal zona produtora que envolve os municípios de Florianópolis, Palhoça e São José, matando 99% das algas (Santos, 2023). A produção não comercializada (260,40t) permaneceu nas estruturas de cultivo, ultrapassando o ponto ideal de colheita e, com isso, os ramos que continuaram crescendo, ficaram pesados e despencaram, atingindo as praias. Este fenômeno é conhecido como “arribamento” e geralmente acontece por ação mecânica das ondas e de fortes correntes marinhas durante as tempestades. A frustração na comercialização verificada foi causada por um descompasso entre a capacidade diária de fornecimento de algas pelo setor produtivo (10 a 15t/dia) e a capacidade diária de processamento de biofertilizante (6t/dia). Existe apenas uma empresa compradora de algas e outras duas empresas que ainda estão se estruturando para atuar no Estado. Em outras palavras, não foi possível comprar uma quantidade maior de algas do que a capacidade de transformação em biofertilizante. Diante dos fatos, parece evidente que a cadeia produtiva não esperava por uma supersafra de algas que partiu de 300,35t, envolvendo 22 produtores (2022/2023), para 1.154,95t em 2024, envolvendo 52

produtores. Na verdade, o que ocorreu foi uma migração de produtores da cadeia produtiva de moluscos para a cadeia produtiva das algas. Alguns fatores explicam essa migração, dentre eles, o encolhimento da cadeia produtiva de moluscos. Enquanto em 2012 a atividade apresentou um recorde de produção de 23.495t, reunindo 657 maricultores, em 2022 passou para 9.158t, envolvendo 356 maricultores (Epagri/ Cepa, 2024). Com o encolhimento da cadeia produtiva de moluscos, muitas áreas de cultivo ficaram ociosas, mas com o sucesso inicial do cultivo de algas nas duas primeiras safras, tais áreas voltaram a ser exploradas para o cultivo de uma nova espécie.

Outro fator determinante para supersafra de algas foram as já citadas chuvas torrenciais. A queda de salinidade, além de matar 99% das algas da Baía Sul, determinou uma mortalidade significativa de moluscos. No município de Palhoça, 90% das ostras e dos mexilhões morreram. No município de Florianópolis morreram em torno de 20% dos mexilhões e 80% das vieiras. As ostras praticamente não foram afetadas. No município de São José a mortalidade de mexilhões foi de aproximadamente 35%. Estes dados de mortalidade são valores aproximados e foram estimados pelos Escritórios

Municipais da Epagri e colhidos junto aos produtores. Toda essa perda impactou financeiramente dezenas de famílias que ficaram sem sua fonte de renda. Como resultado, muitos produtores de mexilhão preferiram cultivar algas porque apresentam ciclos curtos de cultivo, de 30 a 40 dias, contra 12 a 15 meses do ciclo do mexilhão (de larva até adulto). Desta forma, o comércio de algas proporcionou uma rápida recuperação financeira para alguns produtores, ou pelo menos, uma redução dos prejuízos financeiros causados pela mortalidade de moluscos. Até o presente momento os estoques de mexilhões da Baía Sul ainda não se recuperaram plenamente.

Considerando a produção total de algas de 1.154,95t e a área total cultivada de 40,46ha, Santa Catarina obteve uma produtividade de 28,55t/ha, menor que a safra anterior (31,32t/ha). A maior área cultivada foi a do município de Florianópolis, que somou 15,75ha, seguido por Palhoça com 14,35ha. O tamanho médio da área explorada é de 0,78ha por produtor e a produção comercializada média é de 14,44t por produtor (Tabela 1).

Para efeitos estatísticos de levantamento de produção, os dados contabilizados são referentes apenas ao volume comercializado. O Estado comercializou 751,09t de alga *in natura* na safra 2023/2024, praticando um preço médio de R\$2,80/kg de alga. Estes dados resultaram em uma movimentação financeira de R\$ 2.103.052,00 com a venda direta de alga pelos produtores. Considerando que esta biomassa de alga foi transformada em “biofertilizante” e, o rendimento médio foi de 80% (1kg de alga = 0,8L de extrato de alga), obtêm-se 600.872 litros de biofertilizante que, comercializados a R\$18,00/litro, resultam em uma movimentação financeira de R\$ 10.815.696,00. Após a extração do biofertilizante, restam 4% (30.043,6kg) de resíduo que ainda não está sendo comercializado, mas continua sendo destinado para alimentação de suínos,

Tabela 1. Dados estatísticos da produção municipal e estadual da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em Santa Catarina na safra 2023/2024

Município	Área (ha)	Produtor	Produção (t)	Perdas por chuva (t)	Arribamento (t)
Florianópolis	15,75	22	351,21	69,10	98,50
Palhoça	14,35	10	254,49	27,60	78,40
Bombinhas	4,20	5	72,87	29,91	80,00
Governador C. Ramos	1,04	3	29,04	7,30	3,00
Biguaçu	2,77	5	19,02	8,30	0,00
Penha	0,54	3	12,80	0,00	0,00
Porto Belo	1,00	2	7,10	0,00	0,50
São José	0,56	1	3,56	1,25	0,00
São Francisco do Sul	0,25	1	1,00	0,00	0,00
Total	40,46	52	751,09	143,46	260,40
Total Geral				1.154,95	

Fonte: Centro de desenvolvimento de Aquicultura e Pesca (Cedap)

aves, bovinos e para a adubação do solo. Uma das empresas que produz o biofertilizante vem fazendo testes de secagem com esse resíduo para fins comerciais. Este bioinsumo é rico em carragenana e probióticos e deverá compor a matriz de transformação das algas para fins comerciais já para a próxima safra ou para um futuro breve. A única limitação para seu comércio imediato é a secagem adequada. Os testes de secagem desse resíduo que estão sendo realizados, com sucessos parciais, constituem uma etapa que antecede a comercialização deste produto, que já vem sendo demandado comercialmente.

Os valores de comércio da safra de *K. alvarezii* apresentados acima são meramente especulativos, baseados em volumes produzidos e valores praticados em Santa Catarina e não traduzem lucro, apenas apresentam a movimentação financeira da atividade.

Considerações finais

O sucessivo crescimento da produção verificado de uma safra para outra comprova a demanda pelo produto e demonstra a expectativa do setor produtivo que está acreditando nesta nova cultura marinha, impulsionada pelo comércio comprador. Como toda jovem cadeia produtiva, muitos desafios precisam ser superados, desde o planejamento da produção, passando pela ampliação das plantas processadoras, o estabelecimento de novas linhas de processamento que estão sendo prospectadas e a comercialização. Para a próxima safra (2024/2025) a capacidade de processamento de biofertilizante foi ampliada de 6t/dia (safra 2023/2024) para 35 t/dia, envolvendo, três empresas de processamento ao invés de uma. Com o decréscimo da produção de moluscos e o consequente

encolhimento da cadeia produtiva, a macroalga *Kappaphycus alvarezii* vem se tornando uma opção de emprego e renda para os maricultores catarinenses.

Referências

EPAGRI/CEPA– EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA/ CENTRO DE SOCIOECONOMIA E PLANEJAMENTO AGRÍCOLA. **Observatório Agro Catarinense**. 2024. Disponível em: <https://www.observatorioagro.sc.gov.br/areas-tematicas/producao-agropecuaria/paineis/>. Acesso em: 06/08/2024

SANTOS, A.A. Produção da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em Santa Catarina, safra 2022/2023. **Agropecuária Catarinense**, v.33, n.2, p.7-9, 2023. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/1746>. Acesso em: 26/08/2024

Controle das doenças da mandioca sob condições de cultivo no Brasil

Mauro Ferreira Bonfim Junior¹, Luiz Augusto Martins Peruch², Addolorata Colariccio³ e Eduardo Chumbinho de Andrade⁴

Resumo – O controle das doenças da mandioca requer a adoção de diferentes práticas de forma a preservar a sanidade da cultura, seja em âmbito local ou nacional. O plantio de cultivares resistentes destaca-se como método de controle, especialmente para a bacteriose, doença considerada foco dos projetos de melhoramento da cultura. Por outro lado, vale ressaltar a importância do plantio de material de propagação sadio como método de controle, sendo necessário o aperfeiçoamento de práticas de produção de manivas sadias, o manejo de manivas e o treinamento dos produtores no reconhecimento das plantas doentes. Muito embora essas práticas se destaquem como medidas de controle, a ameaça de introdução de novos patógenos em território nacional indica a necessidade de reforçar as medidas quarentenárias para detecção e adoção de ações para eliminar possíveis focos dessas doenças. O objetivo deste trabalho foi discutir o controle das doenças da mandioca sob condições de cultivo nas diferentes regiões brasileiras.

Termos de indexação: *Manihot esculenta*; Controle integrado; Quarentena; Resistência a doenças.

Control of cassava diseases in Brazilian cultivation systems

Abstract – Controlling cassava diseases requires the adoption of different practices to preserve the health of the crop, whether at a local or national level. The use of resistant cultivars stands out as a control method, especially for bacteriosis, a disease considered the focus of crop improvement projects. On the other hand, the use of healthy propagation material deserves more attention as a control method, and it is necessary to reinforce practices for the production of healthy plants, the management of stacks, and the training of producers in recognizing diseased plants. Although the planting of resistant cultivars and the use of healthy propagation material stand out as control practices, the threat of introducing new diseases into the national territory indicates the need to reinforce quarantine measures for detection and adoption of actions to eliminate possible outbreaks of these diseases. The objective of this work was to discuss the control of cassava diseases under cultivation conditions in different Brazilian regions.

Index terms: *Manihot esculenta*; Integrated control; Quarantine; Disease resistance.

Introdução

A mandioca pode ser classificada como a quarta cultura agrícola mais importante para a agricultura mundial, ficando atrás apenas de arroz, milho e trigo. Segundo a FAO (2023), a produção mundial de mandioca em 2022 foi estimada em 330 milhões de toneladas com destaque para Tailândia, Camboja, Congo, Ghana e Nigéria.

Vários fatores bióticos e abióticos podem afetar a produtividade da mandioca de forma significativa. Dentre os fatores bióticos destacam-se as doenças causadas por fitopatógenos devido ao impacto provocado na cultura em diferentes regiões do Brasil. Nesse

contexto, a bacteriose, o mosaico africano da mandioca e a virose das estrias marrons são relatados como algumas das principais doenças da cultura nos países produtores de mandioca (Lin *et al.*, 2019). Sob condições de cultivo no Brasil, a bacteriose (*Xanthomonas phaseolis* pv. *manihotis*) é apontada como a principal doença da mandioca, porém, as viroses, a fusariose (*Fusarium* spp.), o superalongamento (*Sphaceloma manihotis*) e a antracnose (*Colletorichum gloeosporioides*) também causam impacto nos cultivos de algumas regiões produtoras (Massola *et al.*, 2016; Colariccio *et al.*, 2020; Bonfim Junior *et al.*, 2020). É importante ressaltar que há doenças causadas por vírus, como a estria

marrom da mandioca - CBSD (do inglês *Cassava Brown Streak Disease*), causada pelos vírus *Cassava brown streak virus* (CBSV) and *Ugandan cassava brown streak virus* (UCBSV), os quais, embora não ocorram no Brasil, são considerados pragas quarentenárias, se forem eventualmente introduzidas no país podem causar sérios prejuízos ao cultivo em todas as regiões produtoras. No ano de 2024, a doença conhecida como vassoura de bruxa da mandioca (*Ceratobasidium theobromae*) entrou para o rol das doenças mais importantes para a cultura no Brasil, após ser registrada pela primeira vez no estado do Amapá, causando severos danos (Embrapa Amapá, 2024).

Recebido em 22/05/2024. Aceito para publicação em 05/12/2024.

Editora de seção: Renata de Souza Rezende

¹ Eng.-agr., Dr., Epagri/Estação Experimental de Urussanga, Rod.SC 108, 1563, Km 353, bairro Estação, 88840-000 Urussanga/SC, e-mail: maurojunior@epagri.sc.gov.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1757-0280>

² Eng.-agr. Dr., Epagri/ DEMC, C.P.49, CEP 88034-901, Florianópolis, SC, lamperuch@epagri.sc.gov.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0158-0257>

³ Bióloga, Dra. Instituto Biológico, 04014-002, São Paulo, SP, e-mail: colariccio@biologico.sp.gov.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4948-1664>

⁴ Eng.-agr., Dr., Embrapa Mandioca e Fruticultura, e-mail: eduardo.andrade@embrapa.br.

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i3.1868>

Segundo Legg e Alvarez (2017), as perdas causadas pelas doenças da mandioca variam muito dependendo da região, das condições ambientais locais e do cultivar de mandioca. Nas condições atuais, é provável que mais de um terço da produção global de mandioca, equivalente a vários bilhões de dólares americanos, seja perdido anualmente. Tal afirmação revela a dimensão do problema e a necessidade de investimentos em pesquisa para o controle das doenças que ocorrem na cultura.

O objetivo deste trabalho foi discutir o controle das doenças da mandioca sob condições de cultivo nas diferentes regiões brasileiras.

Cultivares resistentes

O uso de cultivares resistentes é citado como método de controle mais recomendado para o controle das principais doenças da cultura, como a bacteriose (Massola *et al.*, 2016; Aquiles *et al.*, 2021; Zárate-Chaves *et al.*, 2021). Vasoura, Amarela, Vermelha e Castelinho, IAC 576/70 e Iapar 19 são alguns exemplos de mandioca de mesa consideradas resistentes a bacteriose (Aquiles *et al.*, 2021; Nery-Silva *et al.*, 2007). No caso da fusariose (*F. solani*), por exemplo, Bonfim Junior *et al.* (2020) apontaram o cultivar Luna e os genótipos SC12-5029 e SC12-5035 como resistentes. Por este motivo, a resistência às doenças-chave é um aspecto avaliado nos programas de melhoramento dessa espécie. Nesses programas, materiais resistentes são selecionados pela sua diversidade genética, o que após os cruzamentos originam novos cultivares resistentes (Santiago *et al.*, 2018). Fontes de resistência para as doenças da cultura podem ser encontradas nas centenas de cultivares existentes e nas espécies silvestres de mandioca (Lin *et al.*, 2019). Todavia, sabe-se que a mandioca é uma planta que apresenta uma forte interação com as condições ambientais, motivo pelo qual os cultivares apresentam adaptação distinta nas diferentes regiões de cultivo. Este aspecto também está relacionado com a sua resistência às doenças, pois variações no comportamento de resistência de cultivares/clones foram reportadas

por diversos autores, dependendo das condições ambientais e do patógeno (Zárate-Chaves *et al.*, 2021; Aquiles *et al.*, 2021). Por este motivo, se resalta a importância de testes de adaptação às condições climáticas antes da recomendação de um cultivar de mandioca para uma determinada região, pois sua resposta pode variar bastante, relacionando-se inclusive com a sua resistência às doenças (Nery-Silva *et al.*, 2007).

Seleção de material de plantio

A seleção de material de propagação sadio é uma prática geralmente negligenciada pelos técnicos e produtores da mandioca. Considerando que grande parte dos patógenos que afetam a mandioca são transmitidos pela propagação de manivas doentes, é importante reforçar essa medida de controle. Em se tratando de aquisição de terceiros, recomenda-se que o material de propagação seja certificado e de viveiros credenciados, especialmente para os vírus causadores do mosaico comum e do mosaico das nervuras, que são transmitidos principalmente pelo material de propagação. Nesse caso é importante associar duas práticas: a seleção rigorosa das manivas e o plantio de áreas destinadas à produção de manivas (Verdier *et al.*, 2012; Colariccio *et al.*, 2020). Essas medidas também se aplicam a doenças causadas por fungos e bactérias, como o superalongamento, a bacteriose e as podridões radiculares (Legg e Alvarez, 2017). Para a seleção de manivas deve-se treinar previamente os produtores no reconhecimento dos sintomas das doenças. Campanhas educacionais devem ser efetuadas para promover a produção de material sadio, o que pode ajudar também a evitar o compartilhamento de material doente, prevenindo a propagação de doenças nas regiões produtoras (Delaquis *et al.*, 2018). A manipulação das manivas deve ser feita com ferramentas desinfestadas com álcool 70%, solução de hipoclorito ou amônia quaternária para evitar a transmissão dos patógenos entre os materiais.

Destruição de plantas doentes

A erradicação de plantas com sintomas de bacteriose, superbrotamento, superalongamento e mosaico comum é uma medida importante para redução da fonte de inóculo em áreas cultivadas (Massola *et al.*, 2016; Legg e Alvarez, 2017; Colariccio *et al.*, 2020). No caso do sapeco, por exemplo, sabe-se que a bactéria resiste até 60 dias na forma livre no solo, mas pode permanecer por até seis meses em restos culturais em condições de campo (Massola *et al.*, 2016). Todavia, a destruição de focos dessas doenças só é viável em incidências abaixo de 10%. No caso das viroses, a erradicação torna-se ainda mais importante em razão da dificuldade de identificar focos da doença depois da queda das folhas, o que ocasiona a propagação de plantas doentes.

Propagação de material livre de vírus

As doenças virais estão presentes na cultura da mandioca causando danos na produção com maior ou menor intensidade, dependendo da variedade plantada e das condições climáticas da região do cultivo. Os vírus de maior ocorrência no Brasil são disseminados a partir de manivas infectadas. Recomenda-se, portanto, a utilização de estacas/materiais de plantio de mandiocas livres do vírus para evitar possíveis epidemias. Manivas livres de vírus podem ser obtidas pelo cultivo *in vitro* da mandioca, sendo a técnica mais utilizada para a limpeza de fitovírus a cultura *in vitro* de meristemas associada à termoterapia (Palazzo *et al.*, 2006). As manivas são cultivadas durante 30 dias em câmara de termoterapia com 16h de luz a 40°C e 8h de escuro a 28°C. Ao atingirem 2 a 4cm de tamanho as brotações são retiradas e cultivadas, procedimento seguido pela retirada dos meristemas apicais e cultivo *in vitro*. Nesse caso é importante a realização da indexação para a identificação do material infectado, o que garante a sanidade das plantas matrizes livres do vírus, permitindo a produção de plantas sadias. Importante destacar que o uso de plantas livres de vírus deve estar associado a práticas

culturais adequadas para se evitar a reinfecção das plantas, uma vez que o vírus se transmite mecanicamente, pela utilização de ferramentas contaminadas. Considerando a relevância das variedades cultivadas comercialmente, a obtenção de material livre de vírus, por cultura de meristemas, para ser fornecido aos produtores é fundamental para controlar a disseminação dos vírus nos cultivos.

A Embrapa Mandioca e Fruticultura desenvolveu a RENIVA, uma rede de multiplicação e transferência de manivas-semente de mandioca com qualidade genética e fitossanitária direcionada tanto para pequenos agricultores familiares quanto para os grandes agricultores das principais regiões produtoras de mandioca em todo o território nacional (Embrapa, 2023).

Época de plantio

A mudança de época do plantio é uma técnica viável em algumas regiões de plantio. Nesse caso, em regiões mais úmidas deve-se evitar plantar no início do período chuvoso, preferindo o final do período, pois assim diminuiu-se a chance de infecção e disseminação de patógenos (Verdier *et al.*, 2012; Massola *et al.*, 2016).

Rotação de culturas

A rotação de culturas é uma técnica eficiente, principalmente para manejo de doenças radiculares, difíceis de erradicação da área. Para a rotação de culturas na mandioca recomenda-se cultivar plantas não hospedeiras do patógeno durante pelo menos um ciclo, objetivando a redução do seu nível populacional. Alvarez *et al.* (2012) recomendam que em áreas com incidências de podridões radiculares acima de 3% aplique-se a rotação de culturas com gramíneas. É importante evitar o plantio de cultivares sensíveis em áreas com histórico da doença, pois grandes perdas já foram reportadas em regiões produtoras.

Controle Químico

Fungicidas têm sido empregados para o controle de manchas foliares da mandioca. Os principais agentes causais destas doenças são *Cercospora beticola*,

C. vicosae, *Cercosporidium heningsii* e *Colletotrichum gloeosporioides*. As manchas foliares em geral apresentam menor importância econômica que as outras doenças da cultura, por incidirem ao final do ciclo de cultivo. Dentre os patógenos mencionados, destaca-se *C. gloeosporioides*, cuja ocorrência é maior em anos ou épocas do ano mais úmidas. Além dos danos observados no campo, o fungo afeta as ramas armazenadas destinadas a um novo cultivo, penetrando os tecidos e reduzindo a brotação das ramas (Poltronieri e Trindade, 1999). No sistema Agrofit do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Mapa), a antracnose conta com 22 produtos registrados para o seu controle.

Detecção de patógenos quarentenários

A mandioca é uma planta nativa do Brasil e se encontra distribuída por todos os países africanos. Nestes países, epidemias severas causadas por vírus são relatadas na cultura, sendo os sintomas associados à doença mosaico africano da mandioca (CMD), causada por um complexo de diferentes espécies virais, como o *African cassava mosaic virus* (ACMV). No Brasil, o ACMV não ocorre, entretanto deve ser considerado o risco potencial da sua introdução e disseminação em nossas condições, sendo positiva a medida de exclusão adotada pelo Mapa, incluindo o ACMV na lista de pragas quarentenárias ausentes (Andrade *et al.*, 2020). Porém, considerando os estudos conduzidos nos países africanos nos últimos anos, são relatadas cerca de 11 novas espécies de begomovírus causando o mosaico da mandioca naquela região (*African cassava mosaic Burkina Faso virus*; *African cassava mosaic virus*; *Cassava mosaic Madagascar virus*; *East African cassava mosaic virus*; *East African cassava mosaic Kenya virus*; *East African cassava mosaic Malawi virus*; *East African cassava mosaic Zanzibar virus*; *Indian cassava mosaic virus*; *South African cassava mosaic virus*; *SriLankan cassava mosaic virus*), devendo-se incluir essas novas espécies na lista das pragas quarentenárias ausentes do Mapa. Outro complexo viral que ocorre no continente africano que

constitui uma ameaça à mandiocultura nacional é o complexo de vírus associados à doença das estrias marrons da mandioca (*Cassava Brown Streak Disease - CBSD*), causada pelos vírus *Cassava Brown Streak Virus* e *Ugandan Cassava Brown Streak Virus*, doença igualmente importante que impacta severamente a produção em diversos países africanos (Andrade *et al.*, 2020). Vale ressaltar que o risco de entrada dessas doenças no país está associado à introdução de material propagativo infectado (manivas ou mudas de cultura de tecidos).

Várias ações devem ser implementadas para se evitar a introdução dessas viroses no Brasil (Andrade *et al.*, 2020). No campo da vigilância, há a restrição de importação de material fresco da mandioca, especialmente de manivas-sementes, e a possibilidade de análise de materiais suspeitos em laboratórios de diagnóstico fitossanitário por métodos moleculares por PCR ou PCR em tempo real (qPCR). Em caso de suspeita desses vírus deve-se encaminhar o material para diagnóstico em laboratório, além da interdição da propriedade com a suspensão de movimentação de plantas, produtos e subprodutos. Além disso, recomenda-se a avaliação da presença de vetores no local e seu controle com inseticidas. No caso de confirmação da presença dessas doenças deve ocorrer a interdição da propriedade e o impedimento da saída de produtos veiculadores da praga; eliminação e enterrio das plantas sintomáticas; realização de levantamentos da doença em propriedades circunvizinhas do foco num raio de 5km, bem como a completa caracterização da área do primeiro foco.

Com a detecção da vassoura de bruxa da mandioca no estado do Amapá, a implementação de medidas quarentenárias para restringir a movimentação de material de áreas infestadas pela doença tem sido implementadas (Embrapa Amapá, 2024). Neste caso, recomenda-se que os produtores de mandioca devem ser cada vez mais cautelosos em trazer manivas de outras regiões de cultivo.

Considerações finais

O controle das doenças da mandioca deve ser efetuado sob a ótica do controle integrado, pela associação de

práticas diversas e com intuito de manter a sanidade da cultura. Nesse esquema, o plantio de cultivares resistentes e a seleção de material de plantio sadio devem ser considerados os pilares da cultura, mas a disseminação recente de diferentes patógenos no continente africano e no sudoeste asiático serve de alerta. Por estes motivos, a testagem e a quarentena de materiais devem ser rigorosas para evitar a entrada dos vírus, agentes causais do mosaico africano e da estria marrom das raízes no Brasil. Esses cuidados no sentido de se evitar a movimentação de material propagativo podem ser aplicados também em nível nacional e regional. Por exemplo, algumas doenças como a vassoura de bruxa, que está restrita ao estado do Amapá (Embrapa, 2024), o superalongamento e o superbrotamento, que ocorrem em áreas restritas em Santa Catarina, não devem ser veiculadas, evitando assim a propagação dos agentes causais para regiões livres dessas doenças.

Referências

- ALVAREZ, E.; LLANO, G.A.; MEJIA, J.F. Cassava diseases. *In: Cassava in the Third Millennium: Modern Production, Processing, Use, and Marketing Systems*. OSPINA, B.; CEBALLOS, H. (Org.). CIAT: Cali, Colombia, p.165–199, 2012.
- ANDRADE, E.C. DE; MEISSNER FILHO, P.E.; OLIVEIRA, S.A.S.; LARANJEIRA, F.F. **Subsídios para plano de contingência da “Doença das Estrias Marrons (CBSD)” e do “Mosaico Africano (CMD)” da mandioca**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2020. 32p.
- AQUILES, K. R., MARQUES, E., MALAQUIAS, J. V., MATTOS, J. K. A., FIALHO, J. D. F., VIEIRA, E. A., UESUGI, E. Reaction of sweet cassava genotypes to *Xanthomonas phaseoli* pv. *manihotis* from three regions of Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v.13, n.4, 2021. Doi: <https://doi.org/10.5539/jas.v13n4p64>
- BONFIM JUNIOR, M. F.; ZAIA, J. T.; MORETO, A. L.; POLA, A. C.; NUNES, E. da C.; PERUCH, L.A.M. Comportamento de genótipos de mandioca quanto à podridão seca das raízes. **Agropecuária Catarinense**, v.33, n.1, p.38–43, 2020. DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v33i1.498>.
- COLARICCIO, A.; RIVAS, E.B.; BONFIM JUNIOR, M.F.; PERUCH, L.A.M. Ocorrência do Cassava common mosaic virus (CsCMV) e Cassava vein mosaic virus em cultivares de mandioca em Santa Catarina, Brasil. **O Biológico**, v.82, p. 1-9, 2020. Doi: <https://doi.org/10.31368/1980-6221v82a10018>
- DELAQUIS, E.; ANDERSEN, K.F.; MINATO, N.; CU, T.T.L.; KARSENBERG, M.E.; SOK, S.; WYCKHUYS, K.A.G.; NEWBY, J.C., BURRA, D.D.; SREAN, P.; PHIRUN, I.; LE, N.D., PHAM, N.T., GARRETT, K.A., ALMEKINDERS, C.J.M.; STRUIK, P.C.; DE HAAN, S. Raising the Stakes: Cassava Seed Networks at Multiple Scales in Cambodia and Vietnam. **Front. Sustain. Food Syst.**, v.2, n.73, 2018. DOI: 10.3389/fsufs.2018.00073
- EMBRAPA. **RENIVA**: Rede de multiplicação e distribuição de manivas - semente de mandioca com qualidade genética e fitossanitária. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2023.
- EMBRAPA AMAPÁ. Notificação de Nova Doença - ‘Vassoura de Bruxa’ da mandioca causada por *Ceratobasidium theobromae* (*Rhizoctonia theobromae*) no Brasil. Nota técnica n.10729769, 2024. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1354337/83055060/NT_PD_F_21157.001205_2024_84+doen%C3%A7a+da+mandioca.pdf/f3e70a88-7544-6302-daac-617bb5c8dc38. Acesso em: 20 out. 2024
- FAO. **Faostat- Crops and livestock products**. 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em 15 maio 2024.
- LEGG, J.; ÁLVAREZ, E. Diseases affecting cassava. *In: CLAIR, H. (Ed). Achieving sustainable cultivation of cassava*, v.2: Genetics, breeding, pests and diseases. Burleigh Dodds, 32p., 2017
- LIN, Z.J.D.; TAYLOR, N.J.; BART, R. Engineering disease-resistant cassava. **Cold Spring Harbor perspectives in biology**, v.11, n.11, p.a034595, 2019.
- MASSOLA JR., N.S.; BEDENDO, I.P.; OLIVEIRA, S.A.S. Doenças da mandioca. *In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (Org.) Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas*. 5ª ed. Ouro Fino: Ceres. 2016. p.515-522, v. 2.
- NERY-SILVA, F. A., FERNANDES, J. J., JULIATTI, F. C., MELO, B. Reação de germoplasma de mandioca a *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*. **Semina: Ciências Agrárias**, v.28, n.1, p.3-10, 2007. Doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2007v28n1p3>
- PALAZZO, S.R.L., VALLE, T.L., FELTRAN, J.C., COLARICCIO, A. Eliminação do cassava common mosaic virus - CsCMV por cultura de meristema associada a termoterapia. **O Biológico**, São Paulo, v.68, Suplemento, p.626-629, 2006.
- POLTRONIERI, L. S., TRINDADE, D. R. Doenças da cultura da mandioca. *In: DUARTE, M. de L. R. (Ed.). Doenças de plantas no trópico úmido brasileiro*. I. Plantas industriais. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, p. 139-157, 1999.
- SANTIAGO, C.H.; SANTANA, M.P.; CAIRO JUNIOR, L.R.; OLIVEIRA, S.A.S. de; OLIVEIRA, E.J. de. Methodologies for selecting cassava with resistance to dry and black root rot under controlled conditions. **Bragantia**, v.77, p.440-451, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.2017298>.
- VERDIER, V.; LOPEZ, C.; BERNAL, A. Bacterial blight caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*. *In: Cassava in the third millennium*. cap. 9, pg. 148-759. 2012. Disponível em: <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/55243/capitulo09.pdf;sequence=1>. Acesso em: 10 maio 2023.
- ZÁRATE-CHAVES, C.A.; GÓMEZ DE LA CRUZ, D.; VERDIER, V.; LÓPEZ, C.E.; BERNAL, A., SZUREK, B. Cassava diseases caused by *Xanthomonas phaseoli* pv. *manihotis* and *Xanthomonas cassavae*. **Molecular Plant Pathology**, v.22, p.1520–1537, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1111/mpp.13094>

Efficacy of different chemical control strategies against Asian soybean rust

João Américo Wordell Filho¹, Cristiano Nunes Nesi¹, Yasmin Branger Figueiredo² and Francine Zaiosc Simmi³

Abstract – This study aimed to compare different decision-making tools for adopting chemical control in Asian soybean rust management. For this purpose, experiments were carried out during the 2022/23 and 2023/24 crop seasons, using the following decision-making strategies: preventive fungicides applications, spore monitoring, climate vulnerability system (Agroconnect Platform), and curative fungicide applications based on field observations of symptoms. The results highlighted the importance of fungicide applications, especially as preventive measures, as an effective and reliable method to protect soybean plants against Asian soybean rust. These strategies promoted greater production stability in the production systems and enhanced farmers' profitability.

Index terms: *Phakopsora pachyrhizi*; Severity; Spore monitoring; Climate vulnerability; Curative applications.

Eficácia de diferentes estratégias de controle químico da ferrugem asiática da soja

Resumo – O objetivo deste estudo foi comparar diferentes ferramentas de tomada de decisão no controle da ferrugem asiática da soja. Para isso, foram realizados experimentos nas safras de 2022/23 e 2023/24 usando as seguintes estratégias de tomada de decisão: i) aplicações preventivas de fungicidas, ii) caça esporos, iii) sistema de vulnerabilidade climática (Plataforma Agroconnect) e iv) aplicações curativas de fungicidas após constatação de sintomas. Os resultados sugerem a importância das aplicações de fungicidas, especialmente de forma preventiva, como medida ainda eficaz e confiável para proteger as plantas de soja contra a ferrugem-asiática-da-soja, garantindo assim uma maior estabilidade na produção e rentabilidade dos produtores.

Termos para indexação: *Phakopsora pachyrhizi*; Severidade; Caça esporos; Vulnerabilidade climática; Aplicações curativas.

The increase in the area planted with soybeans (*Glycine max* L.) in the last 10 years in Brazil established the country as the global leader in this grain production (CONAB, 2024), with an average yield of 3,786 kg ha⁻¹, generating up to BRL 72.7 billion per harvest (SAP, 2023). Soybean yield is directly linked to photoassimilates production, meaning that biotic and abiotic factors that reduce leaf area can affect the grain production, with Asian soybean rust standing out for its severity. Caused by the fungus *Phakopsora pachyrhizi*, Asian soybean rust develops in environments with an average temperature of 25°C and high relative humidity, making Brazil especially suitable for its occurrence. Rust causes early defoliation, preventing the plant from carrying out its physiological processes, which can result in productivity losses of up to 90%. Deciding on the correct timing

for chemical control applications is essential for treatment efficiency, since delays in adopting control measures can render them as ineffective (Beruski *et al.*, 2020). This study aimed to compare decision-making strategies for controlling Asian soybean rust.

The experiments were conducted during the 2022/23 and 2023/24 agricultural harvests in Chapecó, SC, Brazil (27°06'34''S, 52°40'18''W, altitude 623m), in an area with typical dystroferic Red Latosol soil. According to the Köppen climate classification, the region has a humid mesothermal climate with hot summers (Humid subtropical climate – Cfa). The soybean “cultivar Zeus IPRO” was sown at a density of 18 seeds m⁻¹ in a No-Tillage System on corn stover (*Zea mays* L.). Fertilization was performed with 400kg ha⁻¹ of 0-20-20 (N-P₂O₅-K₂O), according to soil analysis, and distributed in

the sowing furrow. The experimental design was a randomized block design with five replicates. Experimental plots measured 1.8m x 4m, with four sowing rows spaced 0.45m apart. Five decision-making strategies were evaluated for soybean rust control (Table 1): Control (no fungicide application); Preventive (preventive and biweekly fungicide applications starting at the R1 stage - 4 applications per cycle); Spore trap (a spore trap was installed 15 days after crop emergence in a location with good wind circulation, avoiding proximity to roads to minimize dust accumulation on the blades). The trap was positioned approximately 40cm above the crop canopy. Blades were changed weekly, and from the closing of the interrows (when plant leaflets began touching), changes were performed twice a week, with a maximum of four applications; Climate vulnerability

Received on 16/05/2024. Accepted for publication on 06/09/2024.

Section editor: Leonardo Araújo

¹ Agricultural engineer, Dr., researcher, Epagri/ Family Agriculture Research Center (Cepaf), Chapecó, SC, e-mail: wordell@epagri.sc.gov.br

² Agronomy Course Student, UFFS, campus Chapecó, SC, e-mail: yasminfigueiredo@epagri.sc.gov.br

³ Grain Production Technologist, Dr^a., pós-doutoranda, Santa Maria Federal University, Santa Maria, RS, e-mail: francinezsimmi@gmail.com

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i3.1864>

Table 1. Number of fungicide applications on different phenological stages of soybean BMX Zeus IPRO

Tabela 1. Número de aplicações de fungicidas em diferentes estádios fenológicos do cultivar de soja BMX Zeus IPRO

Crop season				
Treatment ¹	2022/23		2023/24	
	Nº of applications	Stage ¹	Nº of applications	Stage ¹
Control	***	***	***	***
Preventive	4	R1/R3/R5/R6	4	R1/R3/R5/R6
Spore monitoring	0	***	1	R6
Agroconnect ²	4	R1/R3/R5/R6	3	R3/R5/R6
Curative	2	R4/R6	3	R3/R5/R6

(1) Phenological stage according to Ritchie *et al.* (1982). (2) Climate Vulnerability System (Agroconnect platform).

(1) Estágio fenológico segundo Ritchie *et al.* (1982). (2) Sistema de Vulnerabilidade Climática (plataforma Agroconnect).

system (Agroconnect platform): This strategy was employed using the climate vulnerability system on the Epagri/Ciram Agroconnect platform (available at <http://www.ciram.sc.gov.br/agroconnect/>). Applications began when the system presented a risk of infection equal to or greater than moderate from the R1 stage. Moderate risk consists of relative humidity $\geq 90\%$, temperatures between 18°C and 25°C for 6 to 11 hours (Ramos *et al.*, 2018), with a maximum of four applications; Curative applications began when the first symptoms/signs of rust were observed in the soybean plants. Starting at the R1 stage, 10 leaflets per plot were randomly collected twice a week from the basal, median, and apical parts of soybean plants and taken to the Epagri Plant Health Laboratory for analysis under a binocular stereoscopic microscope (Zeiss, Brazil). When symptoms/signs of Asian rust were detected, fungicide application was recommended, for which the R6 stage (physiological maturity) was the last stage for application.

Fungicides were applied biweekly, starting at the R1 stage, when required. The treatments applied are described in Table 2. Applications were made using a CO₂-pressurized backpack sprayer equipped with a two-cone nozzle bar, operated at a pressure of

3.5 bar (350KPa), with a spray volume of 200L ha⁻¹. The diagrammatic scale proposed by Godoy *et al.* (2006) was used to estimate disease severity. This assessment measured the percentage of leaf area covered by disease symptoms and was performed on the lower, middle, and upper thirds of 10 plants in the central row of each plot. Severity assessments were performed at 15-day intervals, starting after the appearance

of the first symptoms and before the application of the tested fungicides. Defoliation was assessed at the R6 stage according to the method proposed by Hirano *et al.* (2010). To quantify productivity, the grains from the useful area of the plots were weighed and extrapolated to kg ha⁻¹ (with 13% moisture, wet basis). To determine the mass of 100 grains, eight subsamples of 100 grains per treatment were collected and weighed, adjusting for a moisture content of 13%.

The data were subjected to analysis of variance after verifying the assumptions. In case of a significant effect, the means were compared by Tukey's test. The mean values of the variables for each treatment were subjected to multivariate cluster and principal component analyses, presented in dendrograms and biplots. All analyses were performed with the R environment (R CORE TEAM, 2021).

In both harvests, there was a significant difference in grain yield between Agroconnect platform, preventive applications, and curative strategies compared to the control and spore-monitoring treatments. A higher thousand-seed weight (TSW) was also observed with these same treatments. The severity of Asian soybean rust did not show a significant difference in

Table 2. Treatments applied to manage Asian soybean rust of two crop cycles (2022/2023-2023/2024) in Chapecó, Brazil

Tabela 2. Tratamentos aplicados para o manejo da ferrugem asiática da soja em duas safras (2022/2023- 2023/2024) em Chapecó, Brasil

Applications	Active ingredient (a.i)	Doses
1 ^a	bixafen 125g L ⁻¹ + prothioconazole 175 g L ⁻¹ + trifloxystrobin 150g L ⁻¹ + soybean oil methyl ester 720g L ⁻¹ + mancozeb 750g Kg ⁻¹	500mL ha ⁻¹ + 500mL ha ⁻¹ + 2kg ha ⁻¹
2 ^a	benzovindiflupyr 75g L ⁻¹ + prothioconazole 150g L ⁻¹ + mancozeb 750g Kg ⁻¹	500mL ha ⁻¹ + 500mL ha ⁻¹
3 ^a	bixafen 125g L ⁻¹ + prothioconazole 175 g L ⁻¹ + trifloxystrobin 150g L ⁻¹ + soybean oil methyl ester 720g L ⁻¹ + mancozeb 750g Kg ⁻¹	500mL ha ⁻¹ + 500mL ha ⁻¹ + 2kg ha ⁻¹
4 ^a	trifloxystrobin 375g L ⁻¹ + cyproconazole 160g L ⁻¹ + fenpropimorph 750g L ⁻¹ + mancozeb 750g Kg ⁻¹	200mL ha ⁻¹ + 500mL ha ⁻¹ + 2kg ha ⁻¹

the 2023 harvest, but in 2024, lower disease severity was observed with the Agroconnect platform, spore-monitoring, curative, and especially preventive strategies.

The use of preventive strategies, spore-monitoring, and curative applications resulted in a lower percentage of plant defoliation compared to the Agroconnect platform and control in both harvests (Table 3). Cluster analysis indicated the formation of two groups in both harvests: one group formed by the spore-monitoring and control strategies, and the other consisting of the remaining treatments (Figures 1a and 1c). These groupings are explained in the biplot graphs (Figures 1b and 1d), in which the Agroconnect platform and curative strategies were closely related to the increase in grain yield and thousand-seed weight.

Based on the results obtained in both harvests, it can be concluded that the fungicide application, particularly preventive measures, reduced disease severity, decreased plant defoliation, and increased productivity compared to other strategies. This is because controlling Asian soybean rust during the presymptomatic stage typically results in higher plant protection, leading to increased yield responses (Beruski *et al.*, 2020). Furthermore, initial infection by *P. pachyrhizi* occurs in the lower and older leaves, accelerating their fall and reducing the duration of the healthy green leaf area. This process limits the plant ability to intercept and absorb solar radiation, which in turn negatively affects crop yield (Kumudini *et al.*, 2008). Moreover, during the reproductive phase, soybean plants were especially sensitive to leaf

loss, which can significantly impact productivity (Reis *et al.*, 2018).

The scientific literature showed few scientifically supported and rationally based alternatives for timing the first fungicide application in soybean crops. The first application should be strategically timed, but unfortunately, this rule has often not been followed in the chemical control of soybean rust in Brazil, resulting in continuous and accelerated directional selection (Reis *et al.*, 2018). On the other hand, current fungicides are highly efficient in controlling Asian soybean rust when applied preventively, but show reduced efficacy when applied curatively (Netto, 2020).

The results reinforce the importance of fungicide applications, especially preventive ones, as an effective and reliable strategy to protect soybean plants against Asian rust. This approach ensures higher stability in production and enhances producers' profitability.

Table 3. Yield components, disease severity, and leaf defoliation according to strategies used to control Asian soybean rust of two crop cycles (2022/2023- 2023/2024) in Chapecó, Brazil

Tabela 3. Componentes de rendimento, severidade da doença e desfolha em função das estratégias utilizadas no controle da ferrugem asiática da soja de duas safras (2022/2023-2023/2024) em Chapecó, Brasil

Treatment ¹	Crop season			
	2022/23	2023/24	2022/23	2023/24
	Grain yield (kg ha ⁻¹)		TSW (g)	
Agroconnect ²	5,885 a	4,062 a	199.34 a	195.41 b
Preventive	5,874 a	4,550 a	201.32 a	204.07 a
Curative	5,724 a	4,083 a	197.09 a	187.86 c
Control	4,783 b	3,330 b	176.81 b	154.26 d
Spore monitoring	4,768 b	3,236 b	173.62 b	156.74 d
CV (%)	4.13	4.29	6.34	2.99
	Severity (%)		Defoliation (%)	
Control	0.5 ^{n/s}	79 a	47 a	86 a
Agroconnect ²	0.5	45 b	52 a	83 a
Spore monitoring	0.5	28 c	21 b	27 b
Curative'	0.5	26 c	22 b	23 b
Preventive	0.5	13.4 d	19 b	13 c
CV (%)	***	24.91	16.76	15.93

(1) Means followed by the same letters in the row and in the column do not differ in the Scott-Knott test with 5% of significance. TSW: thousand-seed weight. (2) Climate Vulnerability System (Plataforma Agroconnect). CV (%): Coefficient of variation. N/S: not significant.

(1) Médias seguidas de letras iguais na linha e na coluna não diferem no teste de Scott-Knott com 5% de significância. TSW: peso de mil sementes. (2) Sistema de Vulnerabilidade Climática (Plataforma Agroconnect). CV (%): Coeficiente de variação. N/S: não significativo.

References

BERUSKI, G.C., DEL PONTE, E.M., PEREIRA, A.B., GLEASON, M.L., CÂMARA, G. M., ARAUJO JUNIOR, I.P., SENTELHAS, P.C. Performance and profitability of rain-based thresholds for timing fungicide applications in soybean rust control. **Plant Disease** v.104, p.2704-2712, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-20-0210-RE>

CONAB. Brasil. **Série Histórica Das Safras - Soja**. 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-dassafras/itemlist/category/911-soja>. Acesso em: 02 maio 2024.

GODOY, C.V.; KOGA, L.J.; CANTERI, M.G. Escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem da soja. **Fitopatologia Brasileira**, v.31, p.63-68, 2006. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-41582006000100011>.

HIRANO, M.; HIKISHIMA, M.; SILVA, A.J.; XAVIER, S.A.; CANTERI, M.G. Validação de escala diagramática para estimativa de desfolha provocada pela ferrugem asiática em soja. **Summa Phytopathologica**, v. 36, p. 248-250,

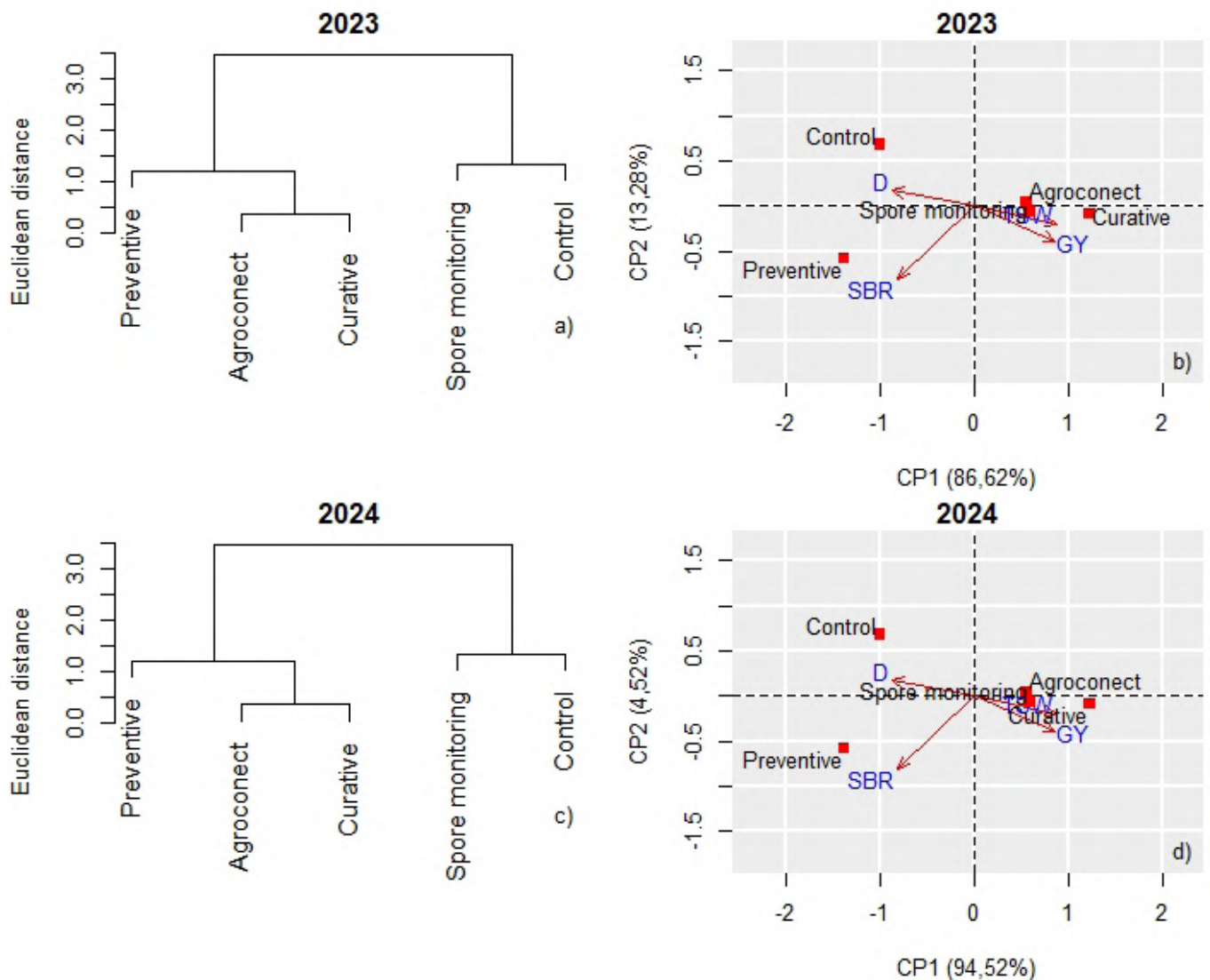


Figura 1. Dendrogramas (a e c) e gráficos Biplot (b e d) baseados nas médias das variáveis rendimento de grãos, peso de mil sementes, desfolha (%) e incidência de ferrugem asiática da soja (%) com base tratamentos avaliados nas safras 2023 e 2024 em Chapecó, Brasil.
 Figure 1. Dendrograms (a and c) and Biplot graphs (b and d) based on the averages of the variables: grain yield, thousand-seed weight, defoliation (%), and incidence of Asian soybean rust (%) based on treatments evaluated in two crop cycles (2022/2023- 2023/2024) of Chapecó, Brazil

2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052010000300012>

KUMUDINI, S.; GODOY, C.V.; BOARD, J.E.; TOLLENAAR, M. Mechanisms involved in soybean rust induced yield reductions. **Crop Science**, Madison, v.48, p.2334-2342, 2008. p.252-254, 2019. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.01.0009>

NETTO, A.; SACON, D.; GALLINA, A.; FOCHESSATO, M.; STEFANSKI, F.S.; MILANESI, P.M. Use of systemic fungicides combined with multisite to control of asian rust and soybean yield. **Colloquium Agrariae**, v.16, n.1,

p.101-108. 2020. Doi: <http://dx.doi.org/10.5747/ca.2020.v16.n1.a352>

RAMOS, H.E.A.; BLAINSKI, E.; MEDEIROS, T.T.B.; SILVA, B.F.P.; PANTOJA, P.H.B.; MAIA, I.F. Avanços e inovações tecnológicas no monitoramento agrometeorológico: Sistema Agroconnect. **Incaper em Revista**, v 9, p. 90-96, 2018.

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

REIS, E.M; REIS, A.C.; ZANATTA, M. Reflexo econômico e desenvolvimento da resistência de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas em função do número de aplicações. **Summa Phytopathologica**, v.44, n.3, p.289-292, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/176382>

SECRETARIA DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. GOVERNO DE SANTA CATARINA. **Safra SC: Milho Recua, Mas Soja Cresce De Produção**. 2023. Disponível em: <https://www.agricultura.sc.gov.br/safra-sc-milho-recua-mas-soja-cresce-de-producao/>. Acesso em: 02 maio 2024.

Retrato da aquicultura de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) em Santa Catarina - Brasil

André Luis Tortato Novaes¹ e Robson Ventura de Souza²

Resumo – Esta nota apresenta os principais resultados de um diagnóstico envolvendo todos os empreendimentos de produção de trutas de Santa Catarina. A pesquisa, realizada entre outubro de 2021 e janeiro de 2022, levantou dados e percepções sobre diferentes aspectos da atividade a partir de entrevistas com truticultores. Quando confrontado com referências sobre o cultivo de trutas no mundo, o diagnóstico realizado aponta limitações climáticas, lacunas tecnológicas e de outras naturezas no processo de produção de trutas em Santa Catarina.

Termos de indexação: Truticultura; Piscicultura; Alevinos; Salmonídeo.

A portrait of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) aquaculture in Santa Catarina - Brazil

Abstract – This note presents the main results of a diagnosis involving all trout production enterprises in Santa Catarina. The research, carried out between October 2021 and January 2022, collected data and perceptions about different aspects of the activity based on interviews with trout farmers. When compared with references on trout farming in the world, the diagnosis points out climatic limitations, technological gaps and other types of limitations in the trout production process in Santa Catarina.

Index terms: Trout farming; Fish farming; Fingerlings; Salmonidae.

A truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) é um dos 15 peixes mais cultivados no mundo, com produção de 739.500 toneladas em 2020 (FAO, 2022). O cultivo de trutas foi introduzido em Santa Catarina na década de 60 (Pereira; Fabregat; Beretta, 2017) e se estende até os dias atuais. No entanto, a produção anual, que girava em torno de 700 toneladas até 2018, vem sofrendo reduções significativas nos últimos anos (Cepa, 2024), o que tem gerado discussões sobre possíveis causas desse fenômeno. A fim de compreendê-lo, entre outubro de 2021 e janeiro de 2022 foi realizado um diagnóstico que buscou envolver todos os empreendimentos de produção de trutas de SC para ouvir as percepções dos truticultores sobre a atividade. Para identificá-los, foram contatados todos os escritórios da Epagri dos municípios onde havia registro de produção de trutas. O presente documento tem por objetivo apresentar os principais

resultados desse esforço.

Foram realizadas entrevistas presenciais com todos os responsáveis pelos empreendimentos de truticultura instalados em Santa Catarina. Foram considerados responsáveis os proprietários ou gestores das unidades de produção. Nas entrevistas foi utilizado um questionário com 125 questões de múltipla escolha estruturado em seções como: dados cadastrais, grupos de peixes cultivados, capacidade de produção, reprodução e aquisição de formas jovens, nutrição, comercialização, sanidade, gestão da produção, grau de satisfação com a atividade e expectativas em relação a ações governamentais direcionadas ao setor.

Foram identificadas 38 unidades de produção de truta distribuídas em 26 municípios (Figura 1), com concentração de propriedades no Planalto Serrano. O município de Paineal concentra 7 empreendimentos e os demais têm

entre um e dois empreendimentos cada, sendo a altitude mediana das propriedades de 859,5m (Figura 2A). A maioria dos entrevistados (60,5%) informa que começou a criar trutas nos últimos 15 anos, sendo o tempo máximo reportado de 35 anos (Figura 2B). Segundo as entrevistas, SC produziu 373,6 toneladas de truta em 2021, com produção por propriedade variando de 1 a 40 toneladas, com mediana de 6 toneladas/propriedade (Figura 2C). Apesar de haver empreendimentos instalados há bastante tempo, todos carecem de licenciamento ambiental.

A truta é a única espécie de pescado produzida em 86,8% das propriedades. Nas demais, carpas, tilápias e bagres (catfish ou jundiás) também são produzidos. Quando questionados sobre o interesse em cultivar outros grupos de peixes, 76,3% dos entrevistados responderam negativamente. A maior parte das propriedades (86,8%) dedica-se exclusivamente à engorda, utilizando

Recebido em 27/02/2024. Aceito para publicação em 19/08/2024.

Editor de seção: Douglas da Cruz Mattos

¹ Engenheiro-agrônomo, Msc., Epagri/Centro de Desenvolvimento em Aquicultura e Pesca, Rodovia Admar Gonzaga, 1.188, Itacorubi, CEP 88010-970, Florianópolis, SC, e-mail: novaes@epagri.sc.gov.br

² Médico-veterinário, Dr., Epagri/Centro de Desenvolvimento em Aquicultura e Pesca, Rodovia Admar Gonzaga, 1.188, Itacorubi, CEP 88010-970, Florianópolis, SC, e-mail: robsonsouza@epagri.sc.gov.br

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i3.1820>

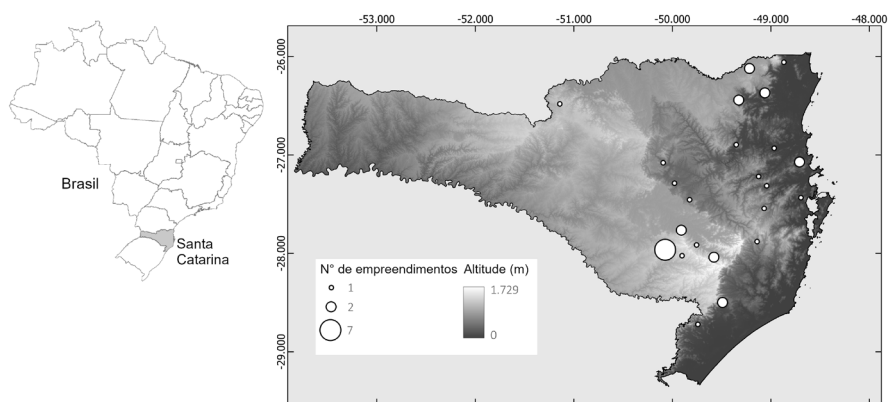


Figura 1. Distribuição geográfica dos empreendimentos de produção de trutas no estado de Santa Catarina, Brasil

Figure 1. Geographical distribution of the trout production units in Santa Catarina State, Brazil

alevinos de truta adquiridos em alevinagens. Apenas uma propriedade é dedicada exclusivamente à reprodução/alevinagem e outras quatro fazem o ciclo completo (reprodução, berçário e engorda). A maioria dos produtores (89,5%) compra formas jovens de produtores de alevinos de Santa Catarina. Apenas quatro propriedades, justamente aquelas que produzem alevinos em SC, compram alevinos de outros estados brasileiros (três deles de Campos do Jordão/SP e um de Itamonte/MG) em busca de animais com melhor genética. O preço médio pago por milheiro de alevinos é R\$261,00 (Figura 2D).

Os *raceways* são o tipo de estrutura de produção mais utilizada na truticultura (berçário e engorda) e estão presentes em ~75% dos empreendimentos. *Raceways* retangulares são mais frequentes (69,4%) que os circulares (24,9%). Viveiros escavados são utilizados em 19,4% das propriedades. Em geral, as estruturas de produção são pequenas, com volumes de até 500m³ em 68,4% das propriedades (Figura 2E). Propriedades que utilizam estruturas maiores relataram volume máximo de 2.000m³. A maioria (90%) das propriedades visitadas informou possuir até 20 *raceways* ou viveiros (Figura 2F) e a maioria dos entrevistados (68,4%) relatou não ter interesse em ampliar sua capacidade produtiva. O questionário revelou o baixo grau de tecnificação das truticulturas de SC. Metade das propriedades não dispõe

de equipamentos de apoio. Aeradores estão presentes em apenas 34,2% das propriedades e apenas cerca de 10% das propriedades reportam a existência de outros tipos de equipamentos, como alimentadores automáticos, microscópios ou geradores de energia.

O abastecimento de água é suficiente durante todo o ano em 68,4% das propriedades. Tanto os meses mais quentes (novembro a janeiro) como os mais frios (maio a agosto) foram mais frequentemente apontados como períodos de maior escassez pelos produtores que enfrentam restrições na oferta de água. Em todas as propriedades, a água é abastecida por gravidade e apenas 26% dos entrevistados relataram monitorar o fluxo de água. O fluxo médio informado foi de 6,65L/s dentro dos *raceways* (Figura 2G). Em relação aos parâmetros de qualidade da água, a temperatura da água é monitorada em 84,2% das propriedades: 10,6% fazem isso diariamente e, em iguais proporções, (23,7%) os entrevistados relataram monitorar esse parâmetro semanalmente, mensalmente e semestralmente. As temperaturas mínimas e máximas da água informadas estão descritas nas figuras 2H e 2I. O oxigênio dissolvido é monitorado em apenas 15,8% das propriedades. O pH é monitorado em apenas 7,9% das propriedades e nenhum dos entrevistados relatou monitorar compostos nitrogenados (amônia, nitrito, nitrato), alcalinidade ou

duzura da água. Apenas um produtor mencionou o monitoramento de sólidos em suspensão na água, adotando frequência semanal.

As densidades de estocagem adotadas durante o cultivo variam significativamente entre as unidades de produção de trutas (Figura 2J). Em 21,1% dos empreendimentos, adotam-se densidades de até 500 animais m⁻³; em 26,3%, entre 500 e 1.000 animais m⁻³; em 21,1%, entre 1.000 e 2.000 animais m⁻³; em 23,7%, mais de 2.000 animais m⁻³. Durante a engorda, as densidades de estocagem relatadas são mais homogêneas, 69,4% adotando até 100 peixes m⁻³ (Figura 2K). Todas as propriedades informaram utilizar ração comercial: 31,7% utilizam exclusivamente uma marca, enquanto os demais afirmam utilizar duas ou mais marcas. Para 68,4% dos produtores, o desempenho zootécnico dos animais varia claramente de acordo com a marca de ração adotada. Na maioria dos casos, a quantidade de alimento oferecida aos animais é definida empiricamente. Apenas 18,4% das propriedades adotam tabelas de recomendação alimentar para apoiar essa decisão. Para 72,2% dos entrevistados, a temperatura da água é o único parâmetro considerado para definir a quantidade de alimento. Foram relatadas taxas de conversão alimentar variando de 1,6 a 2 (Figura 2L), e 7,9% dos produtores informaram não ter controle sobre esse parâmetro. A mediana de sobrevivência relatada foi de 80% na fase de juvenil e de 95% na fase de engorda (Figuras 2M e 2N).

As trutas são despescadas quando atingem entre 300 e 500 gramas em 86,8% das propriedades (Figura 2O) e o tempo necessário para atingir o tamanho de despesca varia de 6 a 12 meses em 92,1% dos empreendimentos (Figura 2P). Trutas de tamanho comercial são comercializadas durante todo o ano, porém a despesca e a comercialização concentram-se entre agosto e fevereiro. As características climáticas, as exigências do mercado e a disponibilidade de alevinos são apontadas como os principais fatores responsáveis por esse padrão de distribuição de vendas. A maioria dos

entrevistados relata uma produção anual constante ao longo dos anos e aqueles que relataram oscilações apontaram o preço do pescado como a principal causa. A maioria das propriedades (73,7%) relatou não ter dificuldade em comercializar sua produção. Em 57,9% das propriedades, a produção é comercializada através de um único nicho, enquanto nas demais adotam-se dois ou mais nichos. Abatedouros são o principal nicho de comercialização (60,5%), seguidos pela venda nas propriedades (31,6%), pesque-pagues (28,9%) e restaurantes (23,7%). O pescado não processado é o produto comercializado por 63,2% dos empreendimentos, com um preço médio de R\$ 22,10 Kg⁻¹ (Figura 2Q). Peixes processados, como filés, peixes eviscerados e peixes defumados

também são comercializados por 26,3% dos produtores por um preço médio de R\$ 40,00 Kg⁻¹ (Figura 2R).

Das cinco propriedades que trabalham com reprodução, três utilizam exclusivamente reprodutores de suas unidades e duas importam reprodutores de outros estados brasileiros. Apenas uma unidade de produção renova seus plantéis anualmente, enquanto as demais informam fazer renovações a cada cinco anos. Nenhuma delas faz controle genealógico de seu plantel. Quatro entrevistados reportaram taxas de fecundidade com valores que variam de 1.000 a 3.000 ovos fêmea⁻¹. Estimativas das taxas de fertilização foram relatadas por três entrevistados e variaram de 40% (dois produtores) a 70% (um produtor). As estimativas das taxas de eclosão (50% e 75%) e de

sobrevivência (60% e 65%) também foram relatadas por dois entrevistados.

Registros de manejo são feitos em 73,7% das propriedades, informação que é registrada predominantemente em papel (92,9%), enquanto apenas dois produtores utilizam planilhas eletrônicas. Quanto aos registros contábeis, 78,9% dos produtores relataram não ter controle das despesas/receitas. Quando questionados sobre o motivo de não efetuarem esse registro, os entrevistados citaram como justificativas: falta de tempo (43,3%); não considerar relevante (40%); e falta de conhecimento (20%). Quem faz registros contábeis utiliza papel (62,5%), planilhas eletrônicas (25%) ou apenas armazenam notas fiscais e recibos (12,5%).

Os entrevistados foram questionados

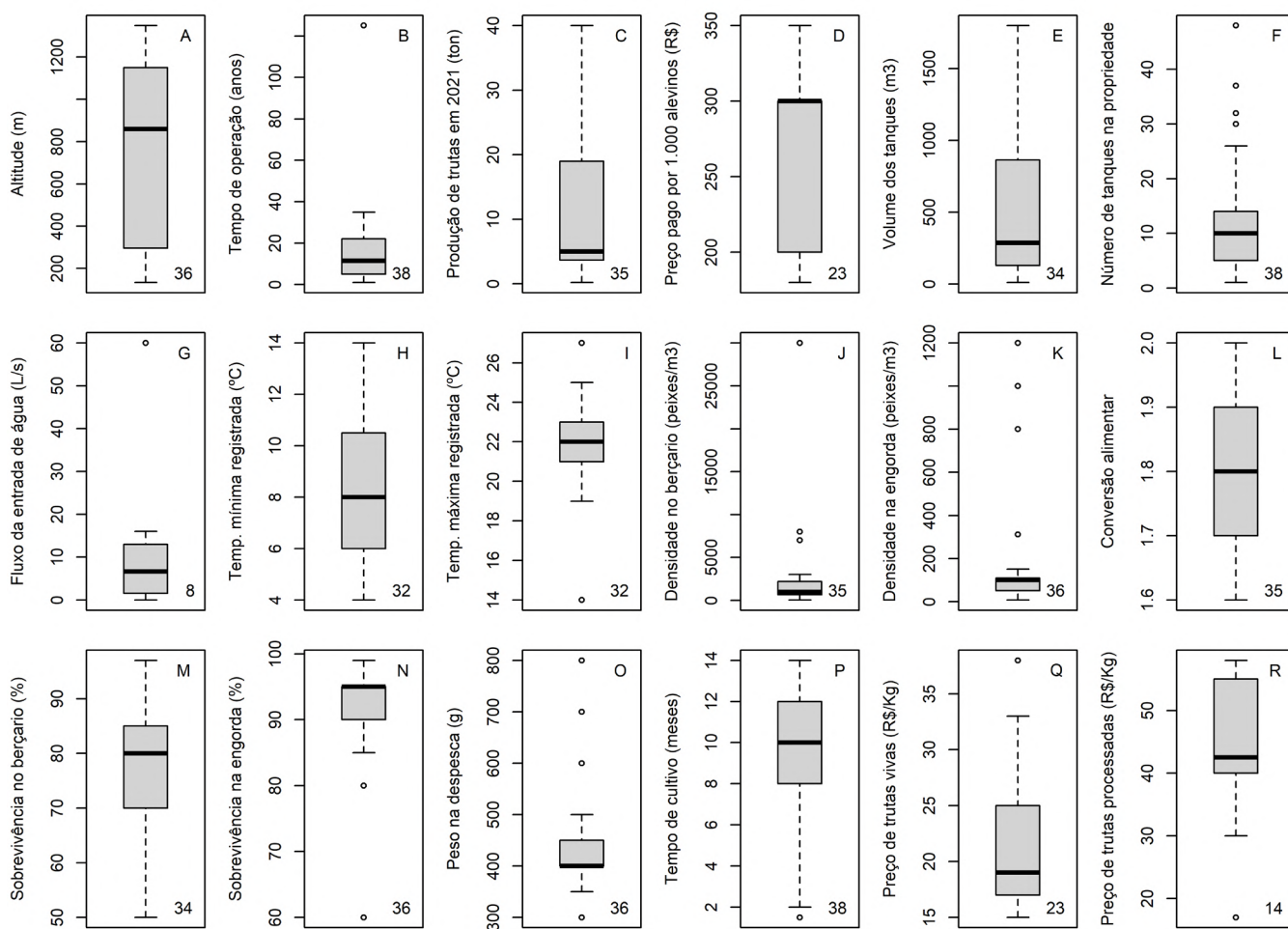


Figura 2. Boxplots descrevendo os valores informados nas questões com respostas numéricas. As letras no canto superior direito identificam os gráficos e os números na parte inferior indicam o número de respostas obtidas para a referida questão

Figure 2. Boxplots describing the values reported in questions with numerical answers. The letters in the upper right corner are the graphs IDs and the numbers at the bottom indicate the number of answers obtained for each question

sobre sanidade animal. Apenas 31,6% dos produtores relataram ter sido atendidos por veterinários desde o início da produção. Problemas relacionados a doenças não foram relatados na maioria das unidades produtivas. Perdas relacionadas a doenças nos últimos cinco anos foram reportadas em 34,2% das propriedades. Animais doentes foram observados nas fases de berçário e engorda, predominantemente nos meses mais quentes do ano (outubro a fevereiro). Entre os que relataram problemas de doenças, 46,2% coletaram e enviaram amostras para análise veterinária em laboratório: 66,6% obtiveram diagnósticos com doenças bacterianas; 33,3% de doenças virais e 16,6% de doenças parasitárias. Já foram observadas deformidades em animais em 42% das unidades de produção que relataram doenças, tanto em animais jovens quanto adultos. Deformidades na coluna vertebral (94,1%) e em nadadeiras (35,3%) foram as mais mencionadas. Vacinas são utilizadas em apenas 21,1% das propriedades e são aplicadas como medida profilática para a bactéria *Weissella ceti*.

Os entrevistados foram questionados sobre o seu nível de satisfação com a truticultura e 84,2% responderam que estão satisfeitos. Os motivos mais citados pelos truticultores satisfeitos foram: bons resultados financeiros (67,9%); compatibilidade da truticultura com outras atividades produtivas (14,3%); e o prazer/afinidade com a piscicultura (14,1%). Entre os insatisfeitos, as reclamações mais comuns foram relacionadas ao alto custo de produção e ao baixo retorno financeiro da atividade.

Os entrevistados foram incentivados a sugerir ações governamentais que pudessem apoiar o desenvolvimento da truticultura em SC. As menções mais frequentes foram: promoção de cursos e treinamentos relacionados à truticultura (25 menções); financiamento bancário (21 menções); e campanhas de marketing associando o consumo de trutas ao turismo (14 menções). Quando questionados sobre os temas que cursos/capacitações deveriam abordar, os mais citados

foram: nutrição (25 menções); sanidade (21 menções); gestão empresarial/controlado contábil (20 menções); processamento/comercialização (15 menções); e boas práticas de produção (13 menções).

O confronto dos dados levantados com referências nacionais e internacionais sobre o cultivo de trutas evidencia limitações da truticultura catarinense. Quando comparadas com as temperaturas da água ótimas, entre 10 e 20°C, indicadas em manuais de produção de trutas (Herrmann e Costa, 2012), é possível notar que muitos empreendimentos catarinenses registram temperaturas máximas acima das recomendadas. As taxas de conversão alimentar reportadas em SC são próximas daquelas que, de acordo com Fornshell (2010), eram registradas na década de 60 nos EUA. Esse mesmo autor menciona, em seu artigo acerca de desafios e soluções para a truticultura, que é possível produzir trutas com conversão alimentar de 1,2:1 a menos de 1:1, sob condições ideais combinadas com rações adequadas e boas práticas alimentares. Isso evidencia que existe espaço para melhoria dos índices zootécnicos na truticultura catarinense. Quando observadas as áreas em que os truticultores manifestam interesse em ser capacitados (nutrição, sanidade, gestão empresarial/controlado contábil, por exemplo), verifica-se que coincidem com temas passíveis de melhora ou para os quais faltam controles mais adequados. Isto pode sugerir que não se trate de falta de interesse em melhorar, mas sim de falta de capacitação focada nesses temas.

O estudo cujos resultados são descritos aqui se propôs a retratar a truticultura catarinense com base nas informações repassadas pelos produtores. Assim sendo, os dados servem como indicadores, mas é preciso considerar a limitação da metodologia, uma vez que não havia um método padronizado para estimar os dados zootécnicos, por exemplo. Dessa forma, a análise dos dados não permitiu detectar correlações que poderiam ser esperadas, como menores taxas de mortalidade ou de ocorrência de

doenças em propriedades que adotam o uso de vacinas, ou ainda, piores índices zootécnicos em empreendimentos pouco tecnificados ou que possuem baixa disponibilidade de água e que adotam altas densidades de estocagem, por exemplo.

Por fim, o diagnóstico realizado aponta limitações climáticas, lacunas tecnológicas e de outras naturezas no processo de produção de trutas em Santa Catarina. Espera-se que esses resultados sejam utilizados para o planejamento de ações visando à melhoria dos processos, mitigação de problemas e superação de dificuldades geradas por limitações climáticas.

Agradecimento

Agradecemos ao assistente de pesquisa Silvano Garcia (Epagri/Cedap/CEPIT) pela execução do levantamento de informações em campo que possibilitou a realização do presente trabalho.

Referências

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation**. Rome, FAO, 2022. 266p. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cc0461en> Acesso em: 08/03/2024.

FORNSHELL, G. Rainbow Trout — Challenges and Solutions. **Reviews in Fisheries Science**, v.10:3-4, p.545-557, 2002. DOI: 10.1080/20026491051785
CEPA. **Observatório Agro Catarinense. 2024. Produção Aquícola**. Disponível em: <https://www.observatorioagro.sc.gov.br/areas-tematicas/producao-agropecuaria/paineis/> Acesso em: 25/02/2024.

HERRMANN, G.; COSTA, C. M. R.. **Boas práticas na truticultura**. Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente, Prefeitura Municipal de Itamonte, 2012. 65 p.

PEREIRA, F.A.; FABREGAT, T.H.P.; BERETTA, N. A Truticultura da Região Serrana de Santa Catarina. **Aquaculture Brasil**, n.4, p. 26-30, 2017.

Produção de forragem de Tifton 85 inoculado com *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens* e associado à redução de adubação nitrogenada

Tatiele Yara Baroncello¹, Abílio Spautz Netto¹, Gabrielle Vieira Seeber², Nathan Antunes de Souza¹, Vinícius José Farias², Kelen Cristina Basso³ e Sonia Purin da Cruz⁴

Resumo – Na Região Sul do Brasil, o cultivar Tifton 85 (*C. dactylon* X *Cynodon nlemfuensis* cv. Tifton 68) é amplamente utilizado, porém possui alta dependência a adubação nitrogenada. Devido aos custos elevados de fertilizantes, estratégias de uso mais eficiente de nutrientes vêm sendo pesquisadas, como o uso de microrganismos promotores de crescimento de plantas. Nesse sentido, um experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar o desenvolvimento da cultivar Tifton 85 sob adubação nitrogenada reduzida associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* 2083 e 2084 e *Pseudomonas fluorescens* estirpe 2799. Avaliou-se a produção de massas verde e seca de forragem e teores de proteína e nitrogênio. O tratamento com 25% N + *P. fluorescens* teve desempenho semelhante ao tratamento com 100% N em todas as variáveis, apontando a redução de custos de adubação mediante inoculação com este microrganismo, mantendo-se o mesmo nível de produção de forragem.

Termos de indexação: *Cynodon* spp.; Inoculação; Produtividade; Rizobactérias.

Forage production of Tifton 85 inoculated with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* and associated to reduced nitrogen fertilization

Abstract – In southern Brazil, the Tifton 85 cultivar (*C. dactylon* X *Cynodon nlemfuensis* cv. Tifton 68) is widely used; however, it has a high dependency on nitrogen fertilization. Due to the high costs of fertilizers, strategies for more efficient nutrient use have been researched, such as the use of plant growth-promoting microorganisms. In this context, an experiment was conducted to evaluate the development of the Tifton 85 cultivar under reduced nitrogen fertilization associated with the inoculation of *Azospirillum brasilense* 2083 and 2084 and *Pseudomonas fluorescens* strain 2799. The production of fresh and dry forage mass, as well as protein and nitrogen contents, were evaluated. The treatment with 25% N + *P. fluorescens* had similar performance with 100% N regarding all variables, indicating a reduction in fertilization costs through the inoculation with this microorganism, while maintaining the same forage production levels.

Index terms: *Cynodon* spp.; Inoculation; Productivity; Rhizobacteria.

O capim Tifton 85 é uma variedade híbrida de grama-bermuda do gênero *Cynodon*. É uma pastagem amplamente empregada no sul do Brasil em sistemas de produção de leite e carne, destacando-se por sua alta produtividade, qualidade e valor nutricional (Fonseca e Martuscello, 2010). No entanto, é um cultivar altamente responsivo à adubação nitrogenada.

Para reduzir custos com adubação, a utilização de inoculantes contendo microrganismos promotores de crescimento de plantas, como *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens*, é uma estratégia promissora (Hungria *et al.*, 2021). Embora a maioria dos estudos se concentre em culturas de grãos, o estudo de Hungria *et al.* (2021) foi pioneiro ao demonstrar o sucesso de inoculantes com estas espécies em

Urochloa spp., sugerindo potencial para outras pastagens.

A bactéria *A. brasilense* promove o crescimento de plantas aeróbicas e diazotróficas, sendo amplamente estudada, pois aumenta a produtividade e o crescimento das plantas através da fixação biológica de nitrogênio (Hungria, 2016). A *P. fluorescens* tem entre seus principais mecanismos a solubilização de fosfatos, a produção de fitormônios e

Recebido em 12/05/24. Aceito para publicação em 03/10/2024.

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i3.1863>

Editor de seção: João Frederico Mangrich dos Passos

¹ Acadêmicos do curso de Agronomia – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Campus Curitibanos. E-mail: tatibaroncello27@gmail.com, spautz12@gmail.com, nathanantunesdesouza01@gmail.com

² Eng-agr. – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Campus Curitibanos. E-mail: gabi.seeber@gmail.com, vinifarias320@gmail.com

³ Eng-agr., Dra, UFSC, Campus Curitibanos. Rodovia Ulisses Gaboardi, km3. Fazenda Pessegueirinho- 89520-000 - Curitibanos, SC – Brasil - Caixa-postal: 101. E-mail: kelen.basso@ufsc.br

⁴ Eng-agr., Dra, UFSC, Campus Curitibanos. Rodovia Ulisses Gaboardi, km3. Fazenda Pessegueirinho - 89520-000 - Curitibanos, SC – Brasil. E-mail: s.purin@ufsc.br

a síntese de sideróforos (Hungria *et al.*, 2021). Ambas apresentam mecanismos muito benéficos para plantas e para a agricultura, funcionando como alternativas mais sustentáveis. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar o potencial de redução da adubação nitrogenada em Tifton 85 com a inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens*.

O experimento foi conduzido na Fazenda Irmãos Gemelli, no município de Curitibaanos, Santa Catarina, com o apoio da Embrapa Soja. A área do experimento localiza-se nas coordenadas geográficas 27°35' 95.41'' S e 50° 70' 89.24''O e altitude de 850 metros. O clima da região é classificado como Cfb pela classificação de Köppen com precipitação anual de 1.500 a 1.700mm (Climate-Data, 2019).

O experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados (DBC), com seis tratamentos e cinco repetições, compreendendo: T1: Controle (0% N, sem inoculação); T2: 100% N; T3: 25% N; T4: 25% N + *Azospirillum brasilense* estirpes 2083 e 2084 provenientes da Embrapa; T5: 25% N + *Pseudomonas fluorescens* estirpe 2799 proveniente da Embrapa; T6: 25% N + *A. brasilense* e *P. fluorescens*. A adubação com 100% de N correspondeu a 150kg de ureia ha⁻¹, sendo a quantidade que o proprietário utilizava por hectare. Nas parcelas do T4, aplicaram-se 160mL ha⁻¹ de inoculante em calda (200 litros ha⁻¹). Esse volume correspondeu, de acordo com a concentração microbiana do inoculante, à aplicação de 6x10¹⁰ UFC por hectare, de acordo com metodologia adotada por Hungria *et al.* (2021). O mesmo procedimento foi feito nas parcelas do T5 e T6, ajustando o volume dos inoculantes de acordo com sua concentração, para atender o critério de aplicação de 6x10¹⁰ UFC por hectare (Hungria *et al.*, 2021). A inoculação foi feita com um pulverizador de jato dirigido ao solo no dia 23 de fevereiro de 2023, cerca de 20 dias após o corte do pré-secado.

As coletas de dados foram realizadas

no dia 27 de março de 2023, um dia antes do corte para a fabricação do pré-secado, de acordo com a rotina da propriedade. A altura média de cada parcela foi determinada em 15 pontos, com régua graduada. Identificou-se o local com altura média para dispor um quadro metálico de 0,25m². O corte de toda a forragem dentro do quadro foi realizado com tesouras de poda entre 5 e 7cm da superfície do solo.

No laboratório da Fazenda Experimental da UFSC, *campus* Curitibaanos, o material foi pesado em balança eletrônica para estimativa da massa verde de forragem e em seguida foi dividido em duas subamostras. Uma das subamostras foi colocada em estufa para secagem na temperatura de 65°C por 72 horas para determinação da massa da matéria seca, sendo posteriormente moída e utilizada para análise de teor de N. A segunda subamostra foi utilizada para separação morfológica e determinação da quantidade de folha, colmo, material morto, plantas invasoras e inflorescência.

A análise de N foi feita seguindo-se o método de Kjeldahl (Tedesco *et al.*, 1995). Posteriormente, foi estimada a porcentagem de proteína bruta (PB) das amostras. Os dados foram convertidos em N acumulado (kg ha⁻¹).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, ao nível de probabilidade de erro de 10%, pelo programa SISVAR (Ferreira, 2011).

Os resultados do experimento foram promissores, especialmente com *Pseudomonas fluorescens*. A inoculação com *P. fluorescens* e 25% de N (T5) se igualou ao tratamento com 100% N (T2) e tais tratamentos se destacaram em relação aos demais, em todas as variáveis estudadas (Tabela 1).

Esses resultados evidenciam o potencial de uso de inoculantes à base de *Pseudomonas fluorescens* como estratégia para menor uso de N em pastagens de cultivar Tifton 85. Dados

semelhantes também foram observados por Carvalho (2020), quando o capim-zuri (*Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri) foi inoculado com *Pseudomonas fluorescens* CCTB 03 + 100kg de N, o que resultou em aumento de 7% no acúmulo de matéria seca em comparação com os demais tratamentos.

Em relação à porcentagem de proteína na massa de forragem, o T2 resultou em 15,10%, enquanto T5 em 14,10%. Por fim, o cultivar Tifton 85 adubado com 100% de N (T2) teve valores de 355kg de N acumulado ha⁻¹, sendo semelhante ao tratamento que recebeu a dose reduzida (25% N) e inoculado com *P. fluorescens*, com 279kg de N acumulado ha⁻¹.

Há escassez de referências e resultados sobre o efeito de *P. fluorescens* no desenvolvimento do capim Tifton 85. A maioria das pesquisas se concentra em espécies de *Brachiaria* (Hungria *et al.*, 2021), evidenciando o potencial de inoculação com cepas selecionadas dessa bactéria para pastagens. Freitas (2022) também obteve resultados promissores ao inocular capim-zuri com *P. fluorescens* + 80kg ha⁻¹ de N. Além dos benefícios científicos, as pesquisas podem trazer vantagens econômicas diretas para os produtores, com um custo de inoculação com *P. fluorescens* estimado em cerca de R\$50,00 por hectare. Sendo assim, a inoculação torna-se uma prática financeiramente atrativa, visto que o N é um dos insumos mais caros para a produção. No presente estudo, foi possível reduzir mais de R\$300,00 por hectare, considerando-se que a dose de adubação nitrogenada utilizada foi reduzida em 75%.

A inoculação com *P. fluorescens* resultou em produção de forragem, teor de N e proteína bruta semelhantes à fertilização de 100% de N em pastagem do cultivar Tifton 85, mesmo com apenas 25% da adubação nitrogenada. Esses resultados sugerem um potencial significativo de economia para os agricultores, reduzindo os gastos com insumos químicos. O estudo possibilita

abertura para futuras pesquisas que avaliem os benefícios do uso dessas bactérias ao longo de mais ciclos forrageiros, permitindo análises mais precisas. Essas pesquisas contribuem para tornar o uso dos inoculantes uma alternativa mais sustentável na produção de forragem.

Agradecimentos

Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Microrganismos Promotores de Crescimento de Plantas (INCT-MPCP-AGRO), Fazenda Irmãos Gemelli, Grupo de Pesquisa em Microbiologia Ambiental da UFSC (GMicro), Embrapa Soja, Mariangela Hungria da Cunha e Marco Antonio Nogueira.

Referências

CARVALHO, C.L. M. de. **Inoculação com bactérias promotoras do crescimento no acúmulo de nutrientes, produção de massaseca e composição bromatológica do capim zuri (*Megathyrus maximus*).**

2020. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Estadual Paulista, Dracena, SP, 2020.

CLIMATE-DATA. **Clima: Curitibaanos.** 2019. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/search/?q=curitibaanos>. Acesso em: 03 mar. 2023.

FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n. 6, p.1039-1042, 2011.

FONSECA, D.M. da; SANTOS, M.E.R.; MARTUSCELLO, J.A. *In*: FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A. (Ed.). **Importância das forrageiras no sistema de produção.** Plantas forrageiras, 2010. p.13-29.

FREITAS, G. da S. **Inoculação foliar com bactérias promotoras do crescimento de plantas associadas a doses de nitrogênio em *Megathyrus maximus* cv. Brs zuri.** 2022. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Estadual

Paulista, Dracena, SP, 2022.

HUNGRIA, M. Azospirillum: um velho novo aliado. *In*: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 32.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 16; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 14., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 11., 2016, Goiânia. **Resumos** [...]. Goiânia, 2016.

HUNGRIA, M.; RONDINA, A.B.L.; NUNES, A.L.P.; ARAUJO, R.S.; NOGUEIRA, M.A. Seed and leaf-spray inoculation of PGPR in brachiarias (*Urochloa* spp.) as an economic and environmental opportunity to improve plant growth, forage yield and nutrient status. **Plant and Soil**, v. 463, p. 171–186, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-021-04908-x>.

TEDESCO J.M.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEM, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2ª. ed. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

Tabela 1. Produção de forragem, teores de nitrogênio e proteína bruta e nitrogênio acumulado em pastagens de cultivar Tifton 85 submetida à inoculação com bactérias promotoras de crescimento e doses de nitrogênio – Curitibaanos, SC 2023

Table 1. Forage production, nitrogen and crude protein contents, and accumulated nitrogen in Tifton 85 grass pastures subjected to inoculation with growth-promoting bacteria and nitrogen doses – Curitibaanos, SC 2023

Tratamentos	Massa verde de forragem (Kg de MV ha ⁻¹)	Massa seca de forragem (Kg de MS ha ⁻¹)	Nitrogênio na massa de forragem (g Kg ⁻¹)	Proteína na massa de forragem (%)	Nitrogênio acumulado (Kg ha ⁻¹)
T1	8.499 b*	1.874 b*	21,27 b*	11,93 b*	190 b*
T2	13.128 a	3.036 a	26,94 a	15,10 a	355 a
T3	7.887 b	2.040 b	24,10 b	13,50 b	191 b
T4	8.979 b	2.232 b	23,05 b	12,91 b	208 b
T5	11.027 a	2.664 a	25,16 a	14,10 a	279 a
T6	8.720 b	1.982 b	23,24 b	13,01 b	204 b
CV%	23,72	27,53	9,28	9,27	29,15

Nota: *Valores seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (Pr>F<0,10). CV: coeficiente de variação. T1: Controle. T2: 100% N. T3: 25% N. T4: 25% N + *A. brasilense*. T5: 25% N + *P. fluorescens*. T6: 25% N + *A. brasilense* + *P. fluorescens*.

Note: *Values followed by the same letters do not differ from each other according to the Scott-Knott test (Pr>F<0.10). CV: coefficient of variation. T1: Control. T2: 100% N. T3: 25% N. T4: 25% N + *A. brasilense*. T5: 25% N + *P. fluorescens*. T6: 25% N + *A. brasilense* + *P. fluorescens*.

Biofertilizante de *Kappaphycus alvarezii* estimula o desenvolvimento de plantas de manjeriço cultivadas em hidroponia

Aline Nunes¹, Alex Alves dos Santos², Valéria Cress Gelli³, Felipe de Souza Dutra^{4,5}, Alex Ricardo Schneider^{4,5}, Eva Regina Oliveira⁴, Lohan Rodrigues Brandão Santos⁴, Camila Pimentel Martins⁴, Gadiel Zilto Azevedo⁴, Jorge Luiz Barcelos Oliveira⁴, Marcelo Maraschin⁴ e Giuseppina Pace Pereira Lima¹

Resumo – A *Kappaphycus alvarezii* é a quinta macroalga mais cultivada do mundo e tem sido comercialmente cultivada no Estado de Santa Catarina desde 2020. Seu cultivo atualmente tem se voltado à produção de biofertilizante, todavia, a validação deste produto ainda é uma necessidade do setor. Assim, nesse estudo, objetivou-se analisar as respostas morfológica e bioquímica do uso do biofertilizante de *K. alvarezii* em plantas de manjeriço (*Ocimum basilicum*) cultivadas em sistema hidropônico de produção. Utilizando as concentrações de 1%, 3%, 5% e 7%, com aplicação foliar semanal, constatou-se na análise morfológica que o biofertilizante, nas concentrações 3% e 5%, foi capaz de incrementar o número de nós, diferindo do controle. Além disso, a matéria seca da raiz também foi incrementada quando aplicado 5% do biofertilizante. Na análise bioquímica, observou-se incremento do teor de clorofila (1% e 5%), de açúcares solúveis totais (5% e 7%), do amido total (3%, 5% e 7%), de carboidratos totais (5% e 7%) e aminoácidos totais (5% e 7%) quando comparada ao controle. Esses resultados indicam que o biofertilizante de *K. alvarezii* pode ser uma alternativa promissora para o setor agrícola.

Termos para indexação: Extrato aquoso; Bioestimulante; Rhodophyta.

The *Kappaphycus alvarezii* biofertilizer stimulates the development of basil plants cultivated in hydroponics

Abstract – *Kappaphycus alvarezii* is the fifth most cultivated macroalgae in the world and has been commercially cultivated in Santa Catarina since 2020. Its cultivation has currently turned to the production of biofertilizers, however, the validation of this product is still a necessity in the sector. Thus, this study aimed to analyze the morphological and biochemical response of using *K. alvarezii* biofertilizer in basil plants (*Ocimum basilicum*) cultivated in a hydroponic production system. Using concentrations of 1%, 3%, 5%, and 7%, with weekly foliar application, it was found in the morphological analysis that the biofertilizer at concentrations of 3% and 5% increased the number of nodes, differing from the control. Additionally, the dry matter of the root was also increased when applied at 5%. In the biochemical analysis, an increase was observed in chlorophyll content (1% and 5%), total soluble sugars (5% and 7%), total starch (3%, 5%, and 7%), total carbohydrates (5% and 7%), and total amino acids (5% and 7%) compared to the control. These results indicate that the biofertilizer from *K. alvarezii* may be a promising alternative for the agricultural sector.

Index terms: Aqueous extract; Biostimulant; Rhodophyta.

O biofertilizante produzido a partir da macroalga *Kappaphycus alvarezii* já é uma realidade no Brasil através de empresas ligadas ao setor agrícola, especialmente com base nas pesquisas sobre os benefícios desse produto para diversas culturas. Para a sua produção, as algas frescas são lavadas, trituradas e prensadas, obtendo-se, assim, um extrato que contém componentes essenciais ao desenvolvimento de plan-

tas, como aminoácidos, reguladores de crescimento, carboidratos, entre outros. Dentre os benefícios verificados, destacam-se o aumento de produtividade e qualidade, bem como a indução de resistência a patógenos e a fatores abióticos (Nunes *et al.*, 2024). Todavia, os estudos concentram-se em outros países, como Filipinas, Indonésia, Índia e China, onde a produção da macroalga ocorre há anos, sob condições climáti-

cas tropicais e de cultivo diferentes do Brasil (Trivedi *et al.*, 2023). Dessa forma, é necessário compreender a ação do biofertilizante produzido em Santa Catarina em culturas agrícolas e sistemas de cultivo, a fim de comprovar a eficácia agrônômica deste produto nas condições locais.

Nesse contexto, a fim de verificar a eficácia do biofertilizante de *K. alvarezii* produzido em Santa Catarina para o

Recebido em 15/07/2024. Aprovado para publicação em 06/11/2024.

Editor de seção: Luís César Cassol

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i3.1890>

¹ Unesp, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, SP. E-mail: alinenunes_bio@hotmail.com

² Epagri/ Cedap, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, SC. E-mail: alex@epagri.sc.gov.br

³ IP/APTA/SAA, Instituto de Pesca de São Paulo da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, SP. E-mail: valeria.gelli@sp.gov.br, camilapmartins@hotmail.com, gad.azevedo@gmail.com, lohanbrandao645@gmail.com

⁴ UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, SC. E-mail: ginagro@gmail.com, j.barcelos@ufsc.br, m2@cca.ufsc.br

⁵ UCS, Universidade de Caxias do Sul, RS. E-mail: felipedutra.rez@gmail.com; alemaodamacieira@gmail.com, pace.lima@unesp.br

crescimento e a produção vegetal, verificou-se a ação do biofertilizante nos parâmetros morfológicos e bioquímicos de plantas de manjeriço (*Ocimum basilicum*) cultivadas em sistema hidropônico (Figura S1).

O biofertilizante foi preparado com as cepas vermelha e verde de *K. alvarezii*. Após a coleta, as algas foram lavadas com água da torneira para remover sal, impurezas e organismos indesejados. Em seguida, foram pesados 500g de cada cepa para a obtenção de um mix, que foi triturado em um liquidificador industrial, filtrado e armazenado no freezer a -20°C.

No total foram realizadas cinco aplicações foliares, em intervalos semanais, nas concentrações 0% (controle), 1%, 3%, 5% e 7% (v/v) de biofertilizante. Para preparar essas concentrações, o biofertilizante puro (100%) foi diluído em água.

O experimento foi realizado nos meses de março e maio de 2024. Inicialmente, as plantas foram semeadas em espumas fenólicas e mantidas em uma incubadora por cinco dias. Em seguida, foram transferidas para o “berçário” para adaptação, onde permaneceram por seis dias, recebendo solução nutritiva conforme a necessidade. A condutividade foi iniciada em 0,8mS cm⁻¹ e finalizada em 2,0mS cm⁻¹. A solução nutritiva hidropônica foi composta pelos seguintes componentes: nitrato de cálcio, nitrato de potássio, fosfato monoamônio, sulfato de magnésio, sulfato de cobre, sulfato de manganês, sulfato de zinco, ácido bórico, molibdato de sódio e quelato de ferro etilenodiamina-N,N'-bis(2-hidroxifenil)ácido acético.

Foram analisados os seguintes parâmetros morfológicos: altura das plantas, comprimento das raízes, número de nós e peso da massa fresca e seca, tanto da parte aérea quanto das raízes. Em relação aos parâmetros bioquímicos, foram verificados o conteúdo de clorofila, os açúcares solúveis totais, o amido total, os carboidratos totais e os aminoácidos totais. Para a análise estatística, foi aplicado o teste Tukey, considerando um nível de significância de 5%. Os dados foram analisados com o auxílio do software AgroEstat (versão 1.1.0.712).

Na análise dos parâmetros morfológicos, observou-se que a aplicação

do biofertilizante na concentração de 5% resultou em um aumento de 120% no número de nós em comparação ao controle. Da mesma forma, a utilização do biofertilizante a 3% elevou em 95% o número de ramificações da planta. A matéria seca da raiz também foi aumentada em 37% em relação ao controle na concentração 5%, o que demonstra o efeito sobre a rizogênese do biofertilizante em estudo. Para os demais parâmetros não foi observada diferença estatística (Figura 1).

Respostas similares foram encontradas em outras plantas, como, por exemplo, plantas de arroz, havendo aumento da matéria seca de raízes e folhas quando utilizado o bioestimulante/biofertilizante de *K. alvarezii* pulverizado a 5% e 10% (Van Tol de Castro *et al.*, 2023). Adicionalmente, a aplicação foliar do biofertilizante nas concentrações de 5% e 7,5% também resultou em aumento de crescimento, produtividade e qualidade em plantas de batata (Pramanick *et al.*, 2017).

Nos parâmetros bioquímicos, observou-se que o biofertilizante na concentração de 7% aumentou o teor de clorofila total em 8% em relação ao controle, enquanto a concentração de

1% resultou em um incremento de 3%. De maneira similar, o produto na concentração de 5% elevou os níveis de açúcares solúveis totais em 63% e de amido total em 98%. Quando aplicado na concentração de 7%, o biofertilizante induziu aumentos de 95% em açúcares solúveis totais e de 99% no conteúdo de amido total. Além disso, foram registrados incrementos de 64% e 98% no conteúdo de amido total nas concentrações de 1% e 5%, respectivamente. As concentrações de carboidratos totais foram significativamente maiores em plantas tratadas com o produto a 5% e 7%, com aumentos de 85% e 65%, respectivamente, em comparação com as plantas não tratadas. Adicionalmente, o teor de aminoácidos totais foi elevado em 200% nas plantas tratadas com o biofertilizante a 5% (Figura 2).

Estudos corroboram que o biofertilizante de *K. alvarezii* é capaz de atuar em parâmetros bioquímicos de diversas plantas, como, por exemplo, aumentando o conteúdo de clorofila e de aminoácidos em plantas de ervilha (Shukla *et al.*, 2024). Similarmente, também foi observado aumento nos teores de clorofila total, açúcares solúveis totais e aminoácidos em plantas de milho (Nivetha *et*

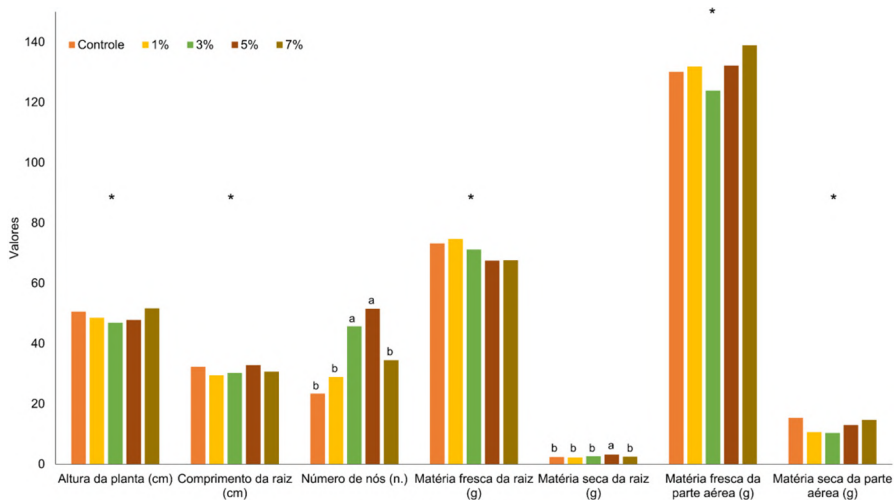


Figura 1. Altura da planta (cm), comprimento da raiz (cm), número de nós (n.), matéria fresca da raiz (g), matéria seca da raiz (g), matéria fresca da parte aérea (g) e matéria seca da parte aérea (g) de plantas de manjeriço cultivadas em hidroponia com aplicação foliar de biofertilizante de *K. alvarezii*

* sem diferença estatística.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Figure 1. Plant height (cm), root length (cm), number of nodes (n.), root fresh matter (g), root dry matter (g), shoot fresh matter (g), and shoot dry matter (g) of basil plants grown in hydroponics with foliar application of *K. alvarezii* biofertilizer

* no statistical difference.

Source: Prepared by the author (2024)

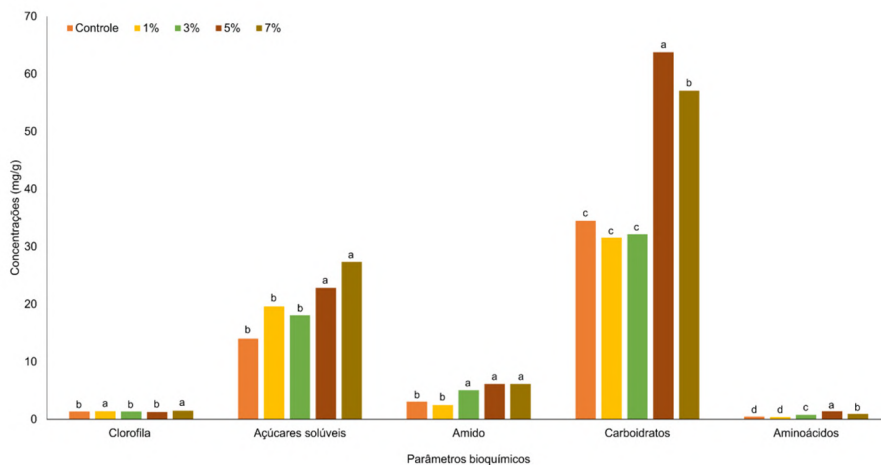


Figura 2. Concentrações de clorofila total, açúcares solúveis totais, amido total, carboidratos totais e aminoácidos totais de plantas de manjeriço cultivadas com aplicação de biofertilizante de *K. alvarezii*

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Figure 2. Concentrations of total chlorophyll, total soluble sugars, total starch, total carbohydrates, and total amino acids of basil plants grown with application of *K. alvarezii* biofertilizer

Source: Prepared by the author (2024)

al., 2024). Esses resultados evidenciam os efeitos benéficos do biofertilizante de *K. alvarezii* sobre parâmetros fisiológicos e bioquímicos em diferentes culturas, para além dos efeitos no crescimento e na produtividade observados anteriormente. Dessa forma, constatou-se que o biofertilizante de *K. alvarezii*, especialmente nas concentrações 3%, 5% e 7%, atua de forma eficaz em plantas de manjeriço em sistema hidropônico de produção, tanto em parâmetros morfológicos como bioquímicos.

Resultados subsequentes desta investigação sobre a ação do biofertilizante de *K. alvarezii* em diferentes plantas serão divulgados com a evolução dos estudos. O projeto segue em andamento, com o objetivo de explorar os benefícios desse produto em outras culturas e em outros sistemas de produção, como a campo e em estufa. Além disso, é importante destacar que o trabalho se insere em um contexto mais amplo de pesquisa sobre espécies de algas presentes no litoral brasileiro, que têm mostrado potencial para a produção de bioinsumos. Dessa forma, a pesquisa se alinha a uma tendência global de utilização dos bioinsumos na agricultura, como uma estratégia à redução dos impactos ambientais desta atividade econômica.

Agradecimentos

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

Os autores agradecem à Empresa Algas Brasil pela gentileza quanto à doação das amostras de *K. alvarezii*.

Referências

NIVETHA, N.; SHUKLA, P.S.; NORI, S. S.; KUMAR, S.; SURYANARAYAN, S.A red seaweed *Kappaphycus alvarezii*-based biostimulant (AgroGain®) improves the growth of *Zea mays* and impacts agricultural sustainability by beneficially priming rhizosphere soil microbial community. *Frontiers in Microbiology*,

v.15, p.1-18, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1330237>.

NUNES, A.; AZEVEDO, G. Z.; DUTRA, F. S.; SANTOS, B. R.; SCHNEIDER, A. R.; OLIVEIRA, E. R.; MOURA, S.; VIANELLO, F.; MARASCHIN, M.; LIMA, G. P. P. Uses and applications of the red seaweed *Kappaphycus alvarezii*: a systematic review. *Journal of Applied Phycology*, p.1-42, 2024. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-024-03270-6>.

PRAMANICK, B.; BRAHMACHARI, K.; MAHAPATRA, B.S.; GHOSH, A.; GHOSH, D.; KAR, S. Growth, yield and quality improvement of potato tubers through the application of seaweed sap derived from the marine alga *Kappaphycus alvarezii*. *Journal of Applied Phycology*, v.29, n.6, p.3253–3260, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1189-0>.

SHUKLA, P.S.; NIVETHA, N.; NORI, S.S.; KUMAR, S.; CRITCHLEY, A.T.; SURYANARAYAN, S. A biostimulant prepared from red seaweed *Kappaphycus alvarezii* induces flowering and improves the growth of *Pisum sativum* grown under optimum and nitrogen-limited conditions. *Frontiers in Plant Science*, v.14, p.1-18, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1265432>.

TRIVEDI, K.; ANAND, K.G.V.; VAGHELA, P.; CRITCHLEY, A.T.; SHUKLA, P.S.; GHOSH, A. A review of the current status of *Kappaphycus alvarezii*-based biostimulants in sustainable agriculture. *Journal of Applied Phycology*, v.35, n.6, p.3087–3111, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-023-03054-4>.

VAN TOL DE CASTRO, T.A.; TAVARES, O.C.H.; TORCHIA, D.F.O.; SILVA, H.F. O.; MOURA, O.V.T.; CANTARINO, R.E.; LOPES, S.A.; VIÊGAS, C.V.; VENDRAMINI, A.L.A.; SANTOS, L.A.; BERBARA, R.L.L.; GARCÍA, A.C. Organic fragments of k-carrageenan, lipids and peptides plus K-rich inorganic fraction in *Kappaphycus alvarezii* biomass are responsible for growth stimulus in rice plant when applied both foliar and root pathway. *Algal Research*, v.71, n.103040, p.1-16, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.103040>.

Capacidade germinativa *in vitro* de pólen de diferentes variedades de bananeiras diploides (*Musa acuminata*) coletadas ao longo de um ano em Santa Catarina

Ramon Felipe Scherer¹, Grace Karina Kleber Romani²

Resumo – A banana é uma das frutas de maior importância econômica e social no mundo. A obtenção contínua de novas variedades é indispensável para aumentar a resiliência da cadeia produtiva da banana. Uma das principais metodologias de melhoramento é o cruzamento entre variedades comerciais e genótipos diploides melhorados. Assim, neste trabalho se avaliou a taxa de germinação *in vitro* de grãos de pólen de três genótipos diploides melhorados de bananeira durante doze meses, por meio da análise e comparação das taxas médias de germinação mensal e total de cada genótipo. Verificou-se que a taxa de germinação *in vitro* dos grãos de pólen depende do genótipo e que as maiores taxas de germinação mensal e total foram constatadas no genótipo 4232-06. Observou-se também uma flutuação da taxa de germinação em todos os genótipos ao longo dos meses avaliados, sendo os maiores valores registrados no primeiro semestre do ano, destacando-se as estações do verão e outono meteorológicos.

Termos de indexação: Banana; Melhoramento; Cruzamentos.

In vitro germination capacity of pollen from different varieties of diploid banana plants (*Musa acuminata*) collected over a year in Santa Catarina

Abstract – Bananas are one of the most economically and socially important fruits in the world. The continuous obtaining of new varieties is crucial to increasing the resilience of the banana production chain. One of the main breeding methodologies is the crossing of commercial varieties with improved diploid varieties. Thus, this study evaluated the germination rate of three improved diploid banana genotypes over twelve months, analyzing and comparing the average monthly and total germination rate of each accession and observing the fluctuation of the germination rate within each genotype over the months evaluated. It was found that the *in vitro* germination rate of pollen grains depends on the genotype and that the highest monthly and total germination rates were found in genotype 4232-06. A fluctuation in the germination rate was also observed in all genotypes throughout the months evaluated, with the highest values recorded in the first half of the year, emphasizing on the seasons of meteorological summer and autumn.

Index terms: Banana; Breeding; Crosses.

A banana (*Musa* spp.) tem grande relevância mundial, uma vez que, além de ser a principal fonte de carboidratos para milhões de pessoas, é uma das frutas *in natura* mais consumidas e exportadas do mundo (Faostat, 2024). Porém, essa importância socioeconômica está baseada em poucos tipos de banana comercializados, o que torna a cadeia

produtiva frágil a problemas bióticos e/ou abióticos (Bakry e Horry, 1992), como ocorre no Brasil, onde há dois principais tipos de banana consumidas, a banana branca (produzida por variedades do subgrupo Prata) e a banana caturra (produzida por variedades do subgrupo Cavendish). Instituições de pesquisa ao redor do mundo vêm tentando

ampliar a diversidade de tipos da banana consumidas através da geração de novos genótipos que possam ser utilizados pela cadeia produtiva da fruta. Neste contexto, uma das principais metodologias para o melhoramento de *Musa* spp. é o cruzamento entre variedades comerciais e genótipos diploides melhorados (Silva *et al.*, 2013).

Recebido em 15/10/2024. Aceito para publicação em 28/11/2024.

Editor de seção: Rafael Roveri Sabiao

¹ Engenheiro-agrônomo, Dr., Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) – Estação Experimental de Itajaí (EEI), Rodovia Antônio Heil, 6800, Itajaí, SC, CEP 88318-112. ramonscherer@epagri.sc.gov.br

² Engenheira-agrônoma, Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Paraná, Rua XV de Novembro, 1299, Curitiba, PR, CEP 80060-000.

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i3.1942>

As principais variedades comerciais, normalmente utilizadas como plantas maternas, são triploides ($2n = 3x = 33$) e apresentam altos graus de infertilidade; entretanto, gametas femininos não reduzidos (triploides) ($2n=3x=33$) podem ser fecundados por gametas haploides ($n = x=11$), provindos de grãos de pólen de genótipos diploides melhorados, dando origem a genótipos tetraploides ($2n=4x=44$) (Bakry e Horry, 1992). A Epagri mantém, desde o final da década de 1990, em suas dependências na Estação Experimental de Itajaí (EEI) uma coleção de 16 genótipos diploides melhorados. Na época, a Empresa recebeu tais acessos da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

Quando se observam pesquisas sobre viabilidade de grãos de pólen de bananeira ao redor do mundo, é possível notar que as porcentagens de germinação de grãos de pólen são variáveis, dependendo do local, das condições de germinação e/ou do genótipo (Soares *et al.*, 2015; Youmbi *et al.*, 2011; Soares *et al.*, 2008). Neste sentido, considera-se a avaliação da germinação *in vitro* a metodologia mais eficiente para verificar a viabilidade de grãos de pólen (Zhang; Zhao; Hoshino, 2023). Assim, com o objetivo de aperfeiçoar as técnicas de melhoramento genético da bananeira na Epagri, buscou-se identificar se há algum padrão na viabilidade de grãos de pólen de bananeira relacionado à época do ano por meio da comparação das taxas médias de germinação de grãos de pólen de três diferentes genótipos diploides ao longo de doze meses consecutivos, assim como a média total.

Flores masculinas de três genótipos diploides melhorados de bananeira (0337-02; 2803-01 e 4223-06) gerados pela Embrapa Mandioca e Fruticultura e cultivados na Epagri/EEI ($26^{\circ}56'54.946''S$ e $48^{\circ}45'39;34.625''O$) foram coletadas uma vez por mês entre julho de 2023 e junho de 2024. As flores eram coletadas entre uma e quatro

horas após o amanhecer (nascer do sol) de inflorescências de flores masculinas no estágio de antese (considerando este estágio flores com pétalas recém-abertas) (Figura 1A). Em seguida as flores eram trazidas em frascos de vidros, individuais para cada genótipo, para o laboratório de cultura de tecidos vegetais da Epagri/EEI, onde o pólen era inoculado em placas de Petri (60 x 15mm) contendo meio de cultura composto por $150g L^{-1}$ de sacarose, $0,20g L^{-1}$ de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $0,10g L^{-1}$ de KNO_3 , $0,3g L^{-1}$ de $Ca(NO_3)_2$, $0,1g L^{-1}$ de H_3BO_3 , $8g L^{-1}$ de Ágar e com pH ajustado para 7,0, de acordo com Soares *et al.* (2008). A deposição dos grãos de pólen no meio de cultura foi realizada com auxílio de pincéis (pincel chato nº

10 e nº 12), com os quais se passavam suavemente as cerdas sobre as anteras das flores masculinas a uma distância cerca de 10cm acima das placas de Petri, contendo o meio de cultura (Figura 1B). Em seguida, as placas eram tampadas e lacradas com filme plástico PVC e acondicionadas em sala de crescimento a $25^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ (totalizando, em média, 4,1 placas por tratamento em cada mês). Após 24h \pm 4h as placas eram analisadas, contabilizando a taxa de germinação em uma área de $1cm^2$, com o auxílio de um estereomicroscópio, por meio da fórmula: número de grãos de pólen germinados dividido pelo número de grãos de pólen total (Figuras 1C, 1D e 1E). Considerou-se grão de pólen germinado aquele que possuía

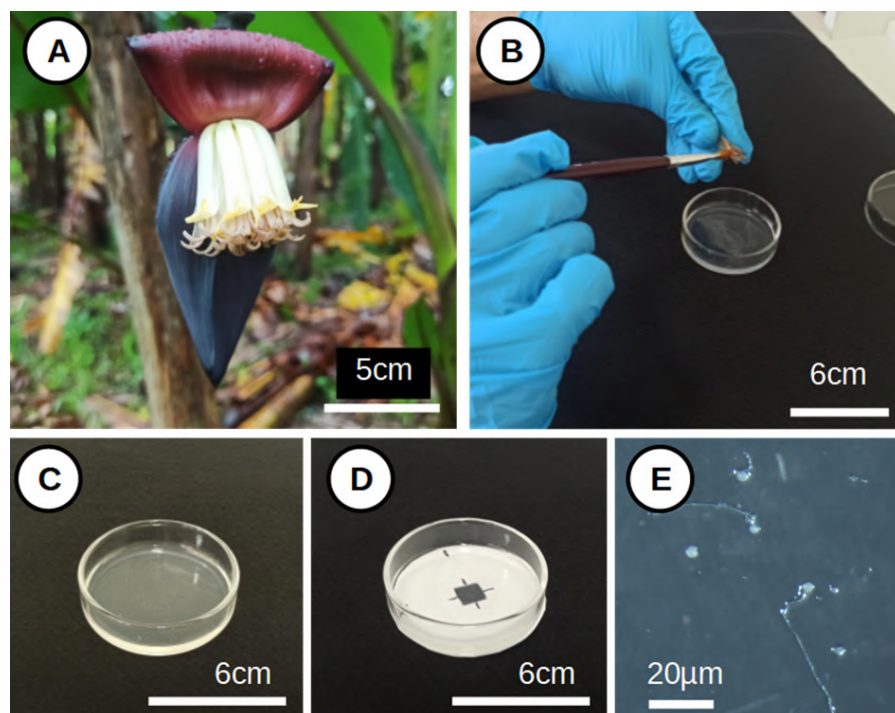


Figura 1. Coleta e germinação *in vitro* de grãos de pólen de bananeira. A) Inflorescência com flores masculinas na antese; B) Inoculação dos grãos de pólen ao meio de cultura; C) Placa de Petri contendo grãos de pólen inoculados; D) Placa de Petri contendo grãos de pólen acima de gabarito com área de $1cm^2$; E) Detalhe de pólen do genótipo 4223-06 germinado 24 horas após inoculação *in vitro*

Fotos: Ramon Felipe Scherer

Figure 1. Collection and *in vitro* germination of banana pollen grains. A) Inflorescence with male flowers at anthesis; B) Inoculation of pollen grains into the culture medium; C) Petri dish containing inoculated pollen grains; D) Petri dish containing pollen grains above the guide with an area of $1cm^2$; E) Pollen from genotype 4223-06 germinated 24 hours after *in vitro* inoculation

Photos: Ramon Felipe Scherer

tubo polínico com tamanho igual ou maior ao diâmetro do grão de pólen. Desta forma, através dos intervalos de confiança das taxas de germinação, a 95% de confiabilidade, foram analisadas e comparadas, entre cada genótipo, a média da taxa de germinação em cada mês e durante o período total avaliado (entre julho de 2023 e junho de 2024). Da mesma forma, foram analisadas e comparadas, dentro de cada genótipo, as médias das taxas de germinação durante os meses avaliados, entre o segundo semestre de 2023 e o primeiro semestre de 2024, entre cada estação meteorológica do ano.

O genótipo 4223-06 apresentou a maior taxa de germinação em 11 dos 12 meses avaliados, com exceção do mês de novembro de 2023, quando ele não diferiu do genótipo 0337-02 (Figura 2A). Por sua vez os genótipos 0337-02 e 2803-01 não diferiram em 6 dos meses avaliados, em 5 dos meses o genótipo 0337-02 apresentou maior germinação e em 1 dos meses o genótipo 2803-01 apresentou maior germinação. O genótipo 4223-06 apresentou a maior taxa de germinação média total quando comparado aos dois outros genótipos, os quais não diferiram entre si (Figura 2B). Quando se observou cada genótipo individualmente ao longo dos 12 meses, todos apresentaram diferenças significativas em pelo menos um mês do ano (Figura 2A). Em termos gerais, observou-se uma maior taxa de germinação no primeiro semestre do ano de 2024 quando comparada a taxa do segundo semestre de 2023 nos genótipos 4223-06 e 2803-01 (Figura 2C). Nesse sentido, os genótipos 4203-06 e 0337-02 apresentaram maiores porcentagens de germinação nos meses do outono e do verão meteorológicos, sendo que ambos os genótipos não apresentaram diferenças entre primavera e inverno (Figura 2D). Já para o genótipo 2803-01, as maiores porcentagens de germinação foram observadas nos meses de outono, verão

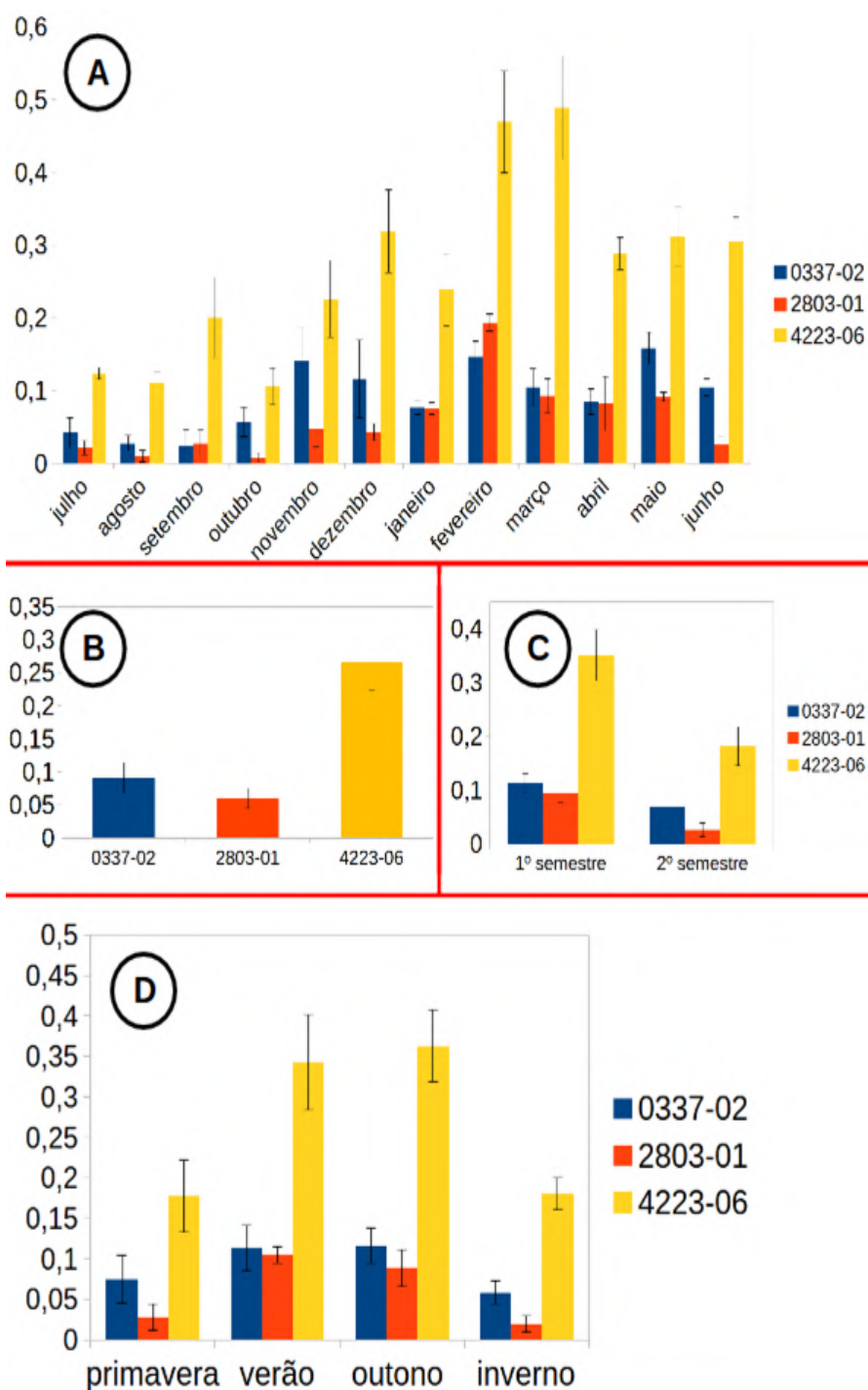


Figura 2. Taxas de germinação *in vitro* de grãos de pólen de três variedades diploides melhoradas de bananeira (0337-02, 2803-01 e 4223-06): A) Taxas de germinação média mensal entre julho de 2023 e junho de 2024; B) Taxas de germinação média total entre julho de 2023 e junho de 2024; C) Taxas de germinação média de pólen obtida no segundo semestre de 2023 e no primeiro semestre de 2024; D) Taxas de germinação média em cada estação meteorológica entre julho de 2023 e junho de 2024

Figure 2. In vitro germination rates of pollen grains from three improved diploid banana varieties (0337-02, 2803-01 and 4223-06): A) Average monthly germination rates between July 2023 and June 2024; B) Total average germination rates between July 2023 and June 2024; C) Average pollen germination rates obtained in the second half of 2023 and the first half of 2024; D) Average pollen germination rates in each meteorological station of the year between July 2023 and June 2024

e primavera meteorológicos, sendo que esta última estação não diferiu dos resultados encontrados no inverno.

Observou-se que na mesma região de Itajaí, SC, a obtenção de sementes de bananeira desenvolvidas completamente (com presença de embrião e endosperma), obtidas em três anos de cruzamentos entre variedades comerciais (plantas maternas) e diploides melhorados (plantas paternas), oscilou durante o período do ano, sendo maior no outono meteorológico quando comparada às outras estações meteorológicas (Scherer; Mariguele; Beltrame, 2024). Além disso, imagens anuais de satélites de bananais catarinenses também demonstram que os bananais, entre junho e novembro (correspondendo às estações do inverno e primavera meteorológicos), apresentaram plantas menos vigorosas (Trabaquini e Pandolfo, 2023). Nesse sentido, Guimarães e de Deus (2021) observaram que os nutrientes Ca, Zn, Cu e B apresentaram baixas concentrações nas folhas de bananais catarinenses nos meses de setembro a dezembro, quando comparados aos meses de janeiro a abril. Estes autores relacionam tais resultados a uma combinação da pouca mobilidade (ou total imobilidade) desses nutrientes nas plantas e da baixa absorção deles no solo devido ao déficit hídrico e à menor transpiração, comuns nos meses mais frios, uma vez que os nutrientes citados são absorvidos por fluxo de massa. Provavelmente, as condições ambientais que levam à diminuição do vigor dos pomares e a menores concentrações de nutrientes no segundo semestre do ano também podem influenciar para uma menor viabilidade dos grãos de pólen, uma vez que as condições do ambiente de germinação *in vitro* foram as mesmas durante todo o experimento (meio de cultura, tipo de placa de Petri e condições de crescimento). Soares *et al.* (2015) também observaram diferenças na viabilidade de grãos de pólen de

bananeira entre diferentes estações do ano em Cruz das Almas, BA. Trata-se de uma região que apresenta clima diferente da região do presente estudo, sendo que estes autores observaram uma maior viabilidade dos grãos de pólen no verão em comparação com o inverno.

Este trabalho aponta evidências para a influência do período do ano na viabilidade de grãos de pólen de bananeiras diploides. Por isso, sugere-se a realização de um novo estudo abrangendo período superior a um ano. Além disso, o trabalho confirma a genótipo dependência da viabilidade de grãos de pólen, uma vez que o genótipo 4223-06 se destacou em relação à capacidade germinativa *in vitro* dos grãos de pólen.

Agradecimentos

À Fapesc, pelo apoio financeiro para o desenvolvimento deste estudo e aos funcionários da Epagri/EEI, principalmente os envolvidos com o projeto Fruticultura Tropical.

Referências

BAKRY, F.; HORRY, J.P. Tetraploid hybrids from interploid 3x x 2x crosses in cooking bananas. *Fruits*, v.47, p.641-647, 1992.

FAOSTAT. **Crops and livestock products 2022**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 14 outubro 2024.

GUIMARÃES G.G.F.; de Deus, J.A.L. Diagnosis of soil fertility and banana crop nutrition in the state of Santa Catarina. *Revista Brasileira De Fruticultura*, v. 43, n.4, e–124, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452021124>

SCHERER, R.F.; MARIGUELE, K. H.; BELTRAME, A.B. Seed formation in banana (*Musa* spp.) in relation to time of year and environmental conditions in the Brazilian subtropics. In: REUNION INTERNACIONAL ACORBAT, 2024,

Mérida. **Memorias[...]**, Mérida, 2024, p. 37.

SILVA, S de O.; AMORIM, E.P.; SANTOS-SEREJO, J.A.; FERREIRA, C.F.; DITA RODRIGUEZ, M.A. Melhoramento genético da bananeira: estratégias e tecnologias disponíveis. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.35, p.919-931, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000300032>

SOARES, T.L.; SOUZA, E. H.; SAMPAIO, L.F.S.; COSTA, A.P.C.; SILVA, S de O.; SANTOS-SEREJO, J.A. Effect of collection time on the viability of banana pollen grains. *African Journal of Biotechnology*, v.14, p.1207-1214, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJB2015.14449>.

SOARES, T.L.; SILVA, S de O.; COSTA, M.A.P.C.; SANTOS-SEREJO, J.A.; SOUZA, A.S.; MORAIS-LINO, L.S.; SOUZA, E.H.; JESUS, O.N. In vitro germination and viability of pollen grains of banana diploids. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.8, p.111-118, 2008.

TRABAQUINI, K.; PANDOLFO C. Zoneamento e mapeamento das áreas produtoras de banana. In: GUIMARÃES, G.G.F.; BELTRAME, A.B.; MALBURG, J.L.; MARO, L.A.C.; SCHERER, R.F.; NEGREIROS, R.J.Z. (Eds) **Produção de banana em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2023, p.33-45.

YOUNBI, E.; FONKAM, N.J.P.; TOMEKPE, K.; FONBAH, C. In vitro Germination and Pollen Conservation of Some Musa Species. *Asian Journal of Biotechnology*, v.3, n.6, p. 554-563, 2011. DOI: <https://doi.org/10.3923/ajbkr.2011.554.563>

ZHANG, M.; ZHAO, J.; HOSHINO, Y. Deep learning-based high-throughput detection of in vitro germination to assess pollen viability from microscopic images. *Journal of Experimental Botany*, v.74, n.21, p. 6551–6562, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erad315>.

SCS207 Querência: a high-yield carioca bean cultivar with superior grain size, color, and health attributes for southern Brazil

Sydney Antonio Frehner Kavalco¹, Waldir Nicknich², Thaila Rayssa Potrich Prezotto³ and Diego Henrique Pilatti Toniolo⁴

Abstract – SCS207 Querência is a new carioca common bean variety, developed by the Agricultural Research and Rural Extension Company of Santa Catarina (EPAGRI). This cultivar exhibits excellent grain yield, has high adaptability and stability, along with improved plant health, particularly showing moderate resistance to anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*). Its plants are semi-erect with an indeterminate growth habit, making them suitable for mechanical harvesting. Its grains are characteristic of the carioca group, with a light beige background and a typical brown stripe. Its cultivation is recommended throughout southern Brazil during the main growing season (first) and the second season ("safrinha").

Index terms: *Phaseolus Vulgaris*; Anthracnose resistance; Breeding; Lineage description; Seed production.

SCS207 Querência: cultivar de feijão carioca de alta produtividade, tamanho, cor de grãos e sanidade superior para o Sul do Brasil

Resumo – SCS207 Querência é a nova cultivar de feijão comum, do grupo de grãos carioca, desenvolvida pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri). Essa cultivar apresenta excelente rendimento de grãos e possui alta adaptabilidade e estabilidade, associada à melhor sanidade de plantas, especialmente com resistência moderada à antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*). As plantas possuem arquitetura semiereta com hábito de crescimento indeterminado, sendo adaptadas à colheita mecanizada. Seus grãos são característicos do grupo carioca, com fundo bege claro e listra marrom típica. É indicado seu cultivo em toda a região Sul-brasileira nos períodos de safra e de safrinha.

Termos de indexação: *Phaseolus vulgaris*; Resistência à antracnose; Melhoramento genético; Descrição de linhagens; Produção de sementes.

Introduction

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is the most important legume for human food consumption worldwide (Síntese, 2023). It is considered one of the staple foods in the Brazilian diet, essential to ensure food and nutritional security. Consumed daily throughout the country, beans have high nutritional value, serving as a source of plant-based protein, vitamins, fiber, and minerals (Ferreira *et al.*, 2021).

National production exceeds 3 million tons per year, and it is estimated

that more than 87% of this total is destined for domestic consumption, contributing to the diet of Brazilians. The southern region is the leading producer of this legume, accounting for approximately one-third of total bean production. Among the three southern states, Santa Catarina has the highest productivity, surpassing 1,800 kg ha⁻¹; however, the total cultivated area poses a challenge for increasing production in the state (CONAB, 2024).

The Common Bean Breeding Program of the Agricultural Research and Rural Extension Company of Santa

Catarina (EPAGRI) aims to develop high-yield cultivars with grain quality, drought tolerance, resistance to anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), and other diseases, like angular leaf spot (*Phaeoisariopsis griseola*), common bacterial blight (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*), and Fusarium wilt (*Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* and *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*) (Canale *et al.*, 2020).

To develop common bean cultivars, EPAGRI conducts around 50 cross combinations each year and evaluates nearly 1,000 segregating families in the

Received on 07/10/2024. Accepted for publication on 13/11/2024.

Section editor: Luiz Augusto Martins Peruch

¹ Agronomist, Dr., Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) - Centro de Pesquisa para a Agricultura Familiar (CEPAF), Chapecó/SC. Rua Serv. Ferdinando Tusset, s/n, Bairro São Cristóvão, Chapecó/SC. Fone: (49) 2049-7527, e-mail: sydneykavalco@epagri.sc.gov.br

² Agronomist, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) - Centro de Pesquisa para a Agricultura Familiar (CEPAF), Chapecó/SC. E-mail: nicknich@epagri.sc.gov.br

³ Agronomy student/ scholarship holder, Universidade Federal da Fronteira Sul/ Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) - Centro de Pesquisa para a Agricultura Familiar (CEPAF), Chapecó/SC. E-mail: thailaprezotto@epagri.sc.gov.br

⁴ Agronomy student/ scholarship holder, Universidade Federal da Fronteira Sul/ Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) - Centro de Pesquisa para a Agricultura Familiar (CEPAF), Chapecó/SC. E-mail: diegotoniolo@epagri.sc.gov.br

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i3.1935>

field for each generation. Additionally, it performs phenotypic selection, value for cultivation and use (VCU) tests, and tests for disease resistance, grain quality, and drought tolerance (Kavalco *et al.*, 2022). The objective of this study was to register and present this new bean cultivar developed by Epagri.

The importance of Bean Cultivation

Beans are the main source of plant-based protein, calcium, iron, phosphorus, and B-complex vitamins for human nutrition in various countries, considered a fundamental pulse for food security in Brazil (Kavalco *et al.*, 2022). In addition to providing multiple health benefits, beans hold significant socioeconomic importance due to their relatively low cost, wide availability, and accessibility for millions of people.

Figure 1 presents historical data on the planted area, production, and productivity of beans in the southern region, clearly highlighting the significant increase in agronomic potential over the years. In 1980, recorded bean productivity was around 670 kg per hectare, with a cultivated area of approximately 1.4 million hectares, resulting in a production of 970 thousand tons. Although the cultivated area for this legume has been reduced by more than half, today, after 44 years marked by a series of transformations in the agricultural sector, there is a 57% increase in productivity exceeding 1,500kg per hectare, with a planted area of approximately 500 thousand hectares and production of over one million tons (CONAB, 2024).

This progress is attributed to genetic improvement and the evolution of cultivars, which has allowed for a satisfactory level of production due to the increase in crop productivity, despite the reduction in planted area. This effect is also observed in other crops, where the significant increase in productivity results from ongoing research aimed at developing more

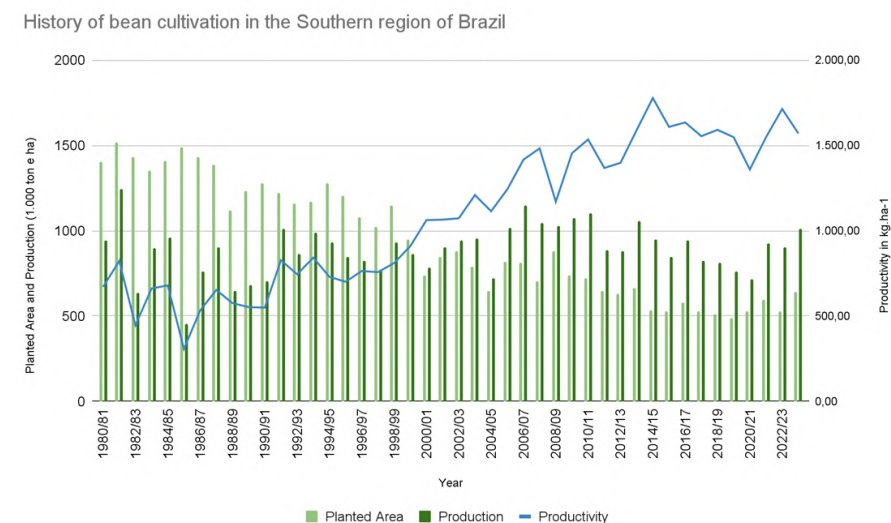


Figure 1. History of production, planted area, and productivity of beans in the Southern region of Brazil. Epagri/CEPAF – Chapecó, 2024

Figura 1. Histórico de produção, área plantada e produtividade do feijão na região Sul do Brasil. Epagri/CEPAF – Chapecó, 2024

productive and resilient cultivars, combined with the development of soil management strategies, modernization of agriculture, and the enhancement of existing techniques (Kavalco *et al.*, 2024).

Bean consumption per person in Brazil has declined over the years. In 2010, each Brazilian consumed an average of 16 kg of beans per year; by 2021, consumption had fallen to 12 kg, a reduction of 25% over 11 years (Síntese, 2023; Conab, 2024). Per capita consumption decreased due to various factors, among which the substitution for more accessible and convenient foods (Ibrafe, 2024).

Breeding method

Hybrid seeds were obtained through the hybridization of BRS Campeiro (black seeds) and IAC Tybatã (carioca seeds) carried out during the 2000/01 season. A generation advance was conducted in 2001 to obtain the F₂ generation. During the 2001/02 and 2002/03 crop seasons, the F₂ and F₃ generations were grown in the field without selection. The F₄ population was cultivated in the field during the 2003/04 crop season, with bulk selection and grain color selection.

Negative selection was applied to the F₅ population (2004/05) to eliminate type 4 indeterminate plants, disease-susceptible plants, and plants with long vines. Grain quality and color selection were performed after harvest.

The F₆ generation was conducted in the field during the 2005/06 crop year, involving the selection of individual plants to obtain superior lineages for agronomic traits such as plant size, health, number of pods, grain quality, and color. The evaluation of F₇ lines was conducted in the subsequent season (2006/07), focusing on plant size, productivity, health, and grain quality selection. The F₈ generation was evaluated in the field with the selection of lines based on productive performance, grain quality, and the health of plants and pods. The F₉ and F₁₀ generations were evaluated in the field, with individual plant selection for agronomic performance and disease tolerance. Preliminary and family tests for color, size, uniformity, and yield evaluation were performed during the 2012/13 and 2013/14 crop seasons, corresponding to the F₁₁ and F₁₂ generations, respectively, using a randomized complete block experimental design with four

replications in four-row by four-meter plots. Four promising lines from the same cross were identified and evaluated through VCU tests during the growing season and off-season periods of the 2014/15, 2015/16, 2016/17, 2017/18, 2018/19, and 2019/20 agricultural years. The experimental design used in the VCU trials was a randomized block design with four replications, comprising plots of four four-meter rows each. A total of 40 genotypes were tested, including superior cultivars and breeding lines of carioca and black beans in five different locations each season. Trials were analyzed individually by location and season, and a combined analysis of adaptability and stability was conducted at the end of the evaluation cycle (Cruz and Regazzi, 1997) to identify the best lines. For cultivar registration with the Ministry of Agriculture, Livestock, and Food Supply (MAPA), results for each line and the respective comparison between cultivars was presented, with an analysis of variance and statistical difference determined by the calculated and tabulated F values. After identifying the top lineage (CHC 01-175-01), the production of genetic seeds was initiated and purified in the following years. All selection cycles (Figure 2) were conducted in Chapecó, SC (27°05'24" S, 52°39'05" W, at an altitude of 668 m).



Figure 2. Breeding methodology and selection cycles of SCS207 Querência new common-bean cultivar. Epagri/CEPAF – Chapecó, 2024

Figura 2. Metodologia de melhoramento e ciclos de seleção da nova cultivar de feijão SCS207 Querência. Epagri/CEPAF – Chapecó, 2024

Yield potential of SCS207 Querência

SCS207 Querência demonstrated agronomically superior productivity compared to the controls at all locations evaluated over the six years of cultivation. When comparing the grain yield of SCS207 Querência to the cultivars BRS Pérola and SCS202 Guará, the new cultivar showed a relative average yield that was 127% higher during the main growing season and the second season in 2014/15 and 2015/16 (Table 1). When compared solely to the control BRS Pérola during the same period, it demonstrated a superiority of

128.18%; when compared exclusively to SCS202 Guará, it was 126.48% higher for grain yield.

In comparison to the cultivars IPR Campos Gerais and BRS Pérola, SCS207 Querência exhibited a 110% higher relative average productivity in 2016/17 and 2017/18 (Table 2), with an average grain yield surpassing that of the two control cultivars during both the main growing season and the second season. When compared solely to IPR Campos Gerais, it demonstrated a superiority of

103.58% in grain yield, and in relation to BRS Pérola, it was 117.88% higher.

In relation to the controls IPR Campos Gerais and BRS Estilo, SCS207 Querência once again exhibited a 110% higher relative average productivity during the growing seasons of 2018/19 and 2019/20, with an average yield of 3,110.18kg ha⁻¹. In Campos Novos, the average grain yield reached 5,121kg ha⁻¹ during the main growing season, marking the best performance recorded among the various locations for the

Table 1. VCU performed in Santa Catarina, Brazil, in the 2014/2015 and 2015/2016, crop years during the first and second sowing seasons for SCS207 Querência (CHC 01-175-01) compared with SCS202 Guará and Pérola cultivars

Tabela 1. VCU realizado em Santa Catarina, Brasil nas safras de 2014/2015 e 2015/2016, durante a primeira e segunda safra, para a cultivar SCS207 Querência (CHC 01-175-01), em comparação com as cultivares SCS202 Guará e Pérola

Location	Crop Season	Year	SCS207 Querência (kg ha ⁻¹)	Comparison cultivars (kg ha ⁻¹)		Comparison cultivars Mean	CV (%)
				Guará	Pérola		
Santa Catarina							
Canoinhas	First	2014/15	3931,53	3059,15	3147,33	3103,24	12,14
Chapecó	First	2014/15	3640,87	2221,5	2679,68	2450,59	13,68
Ponte Serrada	First	2014/15	2289,91	2159,75	2285,91	2222,83	23,8
Chapecó	Second	2014/15	2935,94	2760,21	2532,22	2646,22	9,99
Urussanga	Second	2014/15	2465,65	1648,68	1664,63	1656,66	22,27
Xanxerê	Second	2014/15	2451,4	2516,03	2680,52	2598,28	11,83
Canoinhas	First	2015/16	4075,5	3778,5	4053,78	3916,14	12,2
Chapecó	First	2015/16	4006,71	2804,33	2612,16	2708,25	14,17
Ponte Serrada	First	2015/16	2595,74	1241,25	847,91	1044,58	26,89
Canoinhas	Second	2015/16	1550,5	1253,6	1354,2	1303,9	14,91
Chapecó	Second	2015/16	3302,8	2838,15	2184,64	2511,4	9,53
Ituporanga	Second	2015/16	1610,5	1278,9	1150	1214,45	13,31
Mean			2904,75	2296,67	2266,08	2281,38	
Relative (%)				126,48	128,18	127,32	

Relation: percentage ratio for the average grain yield of SCS206 Potência compared with other cultivars.

Relação: razão percentual para o rendimento médio de grãos da cultivar SCS206 Potência em comparação com outros cultivares

Table 2. VCU performed in Santa Catarina, Brazil, in the 2016/2017 and 2017/2018, crop years during the first and second sowing seasons for SCS207 Querência (CHC 01-175-01) compared with SCS202 Guará and Pérola cultivars.

Tabela 2. VCU realizado em Santa Catarina, Brasil nas safras de 2016/2017 e 2017/2018, durante a primeira e segunda safra, para a cultivar SCS207 Querência (CHC 01-175-01), em comparação com as cultivares Campos Gerais e Pérola

Location	Crop Season	Year	SCS207 Querência (kg ha ⁻¹)	Comparison cultivars (kg ha ⁻¹)		Comparison cultivars Mean	CV (%)
				Campos Gerais	Pérola		
Canoinhas	First	2016/17	4148,9	3545,4	3110	3327,7	16,07
Chapecó	First	2016/17	4159,1	4819,3	3576	4197,65	10,39
Campos Novos	First	2016/17	4052,6	3761,4	2269,9	3015,65	13,58
Chapecó	Second	2016/17	3391,7	3253,4	3598,8	3426,1	10,43
Ituporanga	Second	2016/17	3006	2190,8	2570,8	2380,8	18,47
Xanxerê	Second	2016/17	2737,7	2458,3	2305	2381,65	14,6
Ponte Serrada	First	2017/18	4790	5276,42	3964,19	4620,31	10,92
Canoinhas	First	2017/18	3757,51	3960,55	3964,99	3962,77	11,97
Campos Novos	First	2017/18	4422,98	4547,41	3803,33	4175,37	9,88
Ituporanga	Second	2017/18	1998,5	1603,5	1475,6	1539,55	14,8
Urussanga	Second	2017/18	1563,7	1449,1	1384,9	1417	19,18
Xanxerê	Second	2017/18	2979,8	2724,4	2764,7	2744,55	8,37
Mean			3417,37	3299,17	2899,02	3099,09	
Relative (%)				103,58	117,88	110,27	

Relation: percentage ratio for the average grain yield of SCS206 Potência compared with other cultivars.

Relação: razão percentual para o rendimento médio de grãos da cultivar SCS206 Potência em comparação com outros cultivares.

value for cultivation and use (VCU) assessments over the six years of evaluation (Table 3). When compared solely to the control IPR Campos Gerais, it showed a relative average yield that was only 103.58% higher, and compared to BRS Estilo, it was 118.61% higher.

SCS207 Querência production potential is 4,800 kg ha⁻¹, with an average yield of 3,800kg ha⁻¹ during the main growing season and 2,500kg ha⁻¹ during the second season in Santa Catarina, over the years of evaluation for value for cultivation and use (VCU).

Other characteristics

The main phenotypic characteristics of SCS207 Querência are the absence of anthocyanin in its hypocotyl and stem, a type II indeterminate growth habit, moderate resistance to anthracnose

and angular leaf spot, adaptation to mechanical harvesting, a crop cycle of 85 days, semi-erect stature, medium-green leaves at the fourth node, 75% cream and 25% brown carioca grains, and white flowers (Table 4).

According to Proctor and Watts (1987), SCS207 Querência grains harvested in the 2014/2015 and 2015/2016 seasons had a cooking time of 20 minutes. The protein content of the grains was 21%. The cooking times for BRS Pérola and Carioca control cultivars were 22:30 minutes and 23:30 minutes, with protein contents of 22% and 24%, respectively.

SCS207 Querência has superior grain yield, with a potential of over 4,800kg ha⁻¹. This cultivar shows resistance to pathogen races 64, 73, 91, and 337, an intermediate reaction to races 65, 71, 81, and 89, and susceptibility to

races 08 and 72 of *Colletotrichum lindemuthianum*, based on the scale by Pastor-Corrales *et al.* (1995).

Technical recommendations and seed production

SCS207 Querência was registered by the Brazilian Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply on October 14, 2021 (no. 48.139) and it is protected by the SNPC since November 16, 2021 (no. 21806.000118/2021). The Common Bean Genetic Breeding Program of EPAGRI produces the genetic seed.

Considering its high yield potential, adaptability and stability, SCS207 Querência is recommended for growing in the first and second sowing seasons in Santa Catarina, Paraná, and Rio Grande do Sul.

Table 3. VCU performed in Santa Catarina, Brazil, in the 2018/2019 and 2019/2020, crop years during the first and second sowing seasons for SCS207 Querência (CHC 01-175-01) compared with Campos Gerais and BRS Estilo cultivars

Tabela 3. VCU realizado em Santa Catarina, Brasil nas safras de 2018/2019 e 2019/2020, durante a primeira e segunda safra, para a cultivar SCS207 Querência (CHC 01-175-01), em comparação com as cultivares Campos Gerais e BRS Estilo

Location	Crop Season	Year	SCS207 Querência (kg ha ⁻¹)	Comparison cultivars (kg ha ⁻¹)		Comparison cultivars Mean	CV (%)
				Campos Gerais	BRS Estilo		
Chapecó	First	2018/19	2968,15	3154,88	1698,99	2426,94	14,89
Canoinhas	First	2018/19	2506,4	2771,7	2462,2	2616,95	12,38
Campos Novos	First	2018/19	4129,4	3586,2	2651,1	3118,65	19,93
Ituporanga	Second	2018/19	2019	1734,1	1730,6	1732,35	14,32
Chapecó	Second	2018/19	3200,4	3219,7	2489,5	2854,6	10,75
Xanxerê	Second	2018/19	2688,4	2721,6	2627,4	2674,5	14,14
Canoinhas	First	2019/20	2441,75	2506,47	2560,22	2533,35	11,39
Campos Novos	First	2019/20	5121	4906,98	4370,75	4638,87	8,06
Xanxerê	First	2019/20	3897,93	4088,57	3742,63	3915,6	9,27
Ituporanga	Second	2019/20	3125,4	2247,88	2530,63	2389,26	8,33
Xanxerê	Second	2019/20	2114,14	2000,76	1980,29	1990,53	14,18
Mean			3110,18	2994,44	2622,21	2808,33	
Relative (%)				103,87	118,61	110,75	

Relation: percentage ratio for the average grain yield of SCS206 Potência compared with other cultivars.

Relação: razão percentual para o rendimento médio de grãos da cultivar SCS206 Potência em comparação com outros cultivares.

Table 4. Phenotypic and biological characteristics of SCS207 Querência common bean cultivar
Tabela 4. Características fenotípicas e biológicas da cultivar de feijão comum SCS207 Querência

CHARACTERISTIC	SCS207 QUERÊNCIA
Plant	
Hypocotyl color	Green
Plant structure	Semi erect
Growth habit	Undetermined type III
Guide length	Medium
Stem	With no anthocianin
Leaf color (4th node)	Medium green
Average cycle of emergency to flowering	42 days
Average cycle of emergency to harvest	85 days
Adaptation to mechanical harvesting	Adapted
Grain	
Grain color	Carioca
Flower color	White
Grain shape	Elliptical
Degree of flatness	Half full
Weight of thousand grains	255 grams
Average time of cooking	20 minutes
Average protein grain content	21,00%
Desease reaction	
Anthracoze (<i>C. lindemutianum</i>)	MR
Angular leaf spot (<i>Isariopsis griseola</i>)	MS
Bacterial blight (<i>X. campestris pv. phaseoli</i>)	MS
Fusarium wilt (<i>F. oxysporum</i>)	MR
Indicated growing region	SC, PR and RS

Abbreviations: MR – Moderately Resistant; MS – Moderately Susceptible; SC – Santa Catarina, PR – Paraná and RS – Rio Grande do Sul.

Abreviações: MR – Moderadamente Resistente; MS – Moderadamente Suscetível; SC – Santa Catarina, PR – Paraná e RS – Rio Grande do Sul.

References

CANALE, M.C.; RIBEIRO, L.P.; CASTILHOS, R.V.; WORDELL FILHO, J.A. **Pragas e doenças do feijão:** diagnose, danos e estratégias de manejo. Florianópolis, SC, 2020. 98p. (Epagri. Boletim Técnico 197).

CONAB, 2024. **Portal de informações agropecuárias.** Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safra-serie-historica-graos.html>. Acesso em: setembro de 2024.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa: UFV, 1997. 390p.

IBRAFE. **O Consumo De Feijão**

Caiu No Brasil? 2024. Disponível em: <https://www.ibrafe.org/noticias/o-consumo-de-feijao-caiu-no-brasil#:~:text=Segundo%20estimativas%20da%20Embrapa%20Arroz,kg%2Fhab%2C%20em%201996>. Acesso em: setembro de 2024.

FERREIRA, C.M., BARRIGOSI, J.A.F. **Arroz e feijão - tradição e segurança alimentar.** Brasília, DF: Embrapa; Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2021.

KAVALCO, S.A.F.; NICKNICH, W.; CANALE, M.C. SCS206 Potência: high-yield and anthracnose-resistant black bean cultivar with superior adaptability and stability for Southern Brazil. **Agropecuária Catarinense,** Florianópolis, v.35, n.3, 2022.

PASTOR-CORRALES, M.A.; OTOYA, M.M.; MOLINA, A.; SINGH, S.P. Resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* isolates from middle America and Andean South America in different common bean races. **Plant Disease,** Palo Alto, n.79, p.63-67, 1995.

PROCTOR, J. R.; WATTS, B. M. Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal,** Ottawa, v.20, p.9-14, 1987.

SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA 2022– 2023. **Feijão:** Produção e mercados mundiais. p.50-59, Florianópolis: Epagri/Cepa, 2023.

Análise da evolução da produção de maçã em Santa Catarina no período de 2014 a 2021

Rebeca Poluceno Souza¹, Alberto Fontanella Brighenti² e Rogério Goulart Junior³

Resumo – A maçã é uma das frutas mais cultivadas e consumidas globalmente, com diversos cultivares dominantes. Enquanto a China lidera a produção mundial, outros países, incluindo o Brasil, também têm participação significativa, sendo Santa Catarina um dos principais estados produtores brasileiros. Este trabalho busca analisar a evolução da produção entre as safras 2014/15, 2017/18 e 2020/21 e os fatores influenciadores na produtividade e nos preços das maçãs catarinenses. A pesquisa emprega uma abordagem descritiva e documental, utilizando dados de relatórios da Epagri/Cepa e do IBGE para analisar a safra de maçãs em Santa Catarina. Mesmo com eventos adversos, nas principais regiões produtoras catarinenses houve aumento na produção e ganho na produtividade com novas tecnologias de produção, apesar de menor valorização nos preços negociados das frutas comercializadas. A atividade não apenas contribui significativamente para a economia regional, mas também gera empregos e sustenta milhares de famílias. A análise reforça a necessidade de adaptabilidade e monitoramento contínuo às condições climáticas e de mercado para garantir a sustentabilidade da cadeia produtiva da maçã em Santa Catarina.

Termos para indexação: Economia agrícola; Produção agrícola; Mercado agrícola; Fruticultura.

Analysis of the evolution of apple production in Santa Catarina from 2014 to 2021

Abstract – The apple is one of the most cultivated and consumed fruits globally, with several dominant cultivars. While China leads world production, other countries, including Brazil, also have a significant share, with Santa Catarina being one of the main Brazilian producing states. This work seeks to analyze the evolution of production between the 2014/15, 2017/18 and 2020/21 harvests and the factors that influence the productivity and prices of apples from Santa Catarina. The research uses a descriptive and documentary approach, using data from Epagri/Cepa and IBGE reports to analyze the apple harvest in Santa Catarina. Even with adverse events, in the main producing regions of Santa Catarina there was an increase in production and gains in productivity with new production technologies, despite lower appreciation in the negotiated prices of commercialized fruits. The activity not only contributes significantly to the regional economy, but also creates jobs and supports thousands of families. The analysis reinforces the need for adaptability and continuous monitoring to climatic and market conditions to guarantee the sustainability of the apple production chain in Santa Catarina.

Index terms: Agricultural economy; Agricultural production; Agricultural market; Fructiculture.

Introdução

A maçã é uma das frutas mais cultivadas e consumidas no mundo, com mais de 2,5 mil cultivares existentes. As principais são: ‘Fuji’, ‘Gala’, ‘Red Delicious’, ‘Golden Delicious’ e ‘Granny Smith’ (Taguchi, 2021; Binard, 2021; Migicovsky *et al.*, 2021). No ano de 2019, conforme dados da FAO, a China se manteve como o maior produtor, com 42,4 milhões de toneladas da fruta,

ou seja, 48,6% da produção mundial, sendo 60% do cultivar Fuji. Entre os 12 principais países produtores, além da China, estão: Estados Unidos, Turquia, Polônia, Índia, Itália, Irã, Federação Russa, França, Chile, Brasil e Argentina, que juntos participam com 25,6 milhões de toneladas, ou seja, 29,3% da produção total da fruta. O Brasil obteve uma participação média de 1,4% da produção mundial de maçãs, ficando na 11ª colocação no ranking mundial (FAO, 2021).

No Brasil, o estado de Santa Catarina é o que apresenta a maior produção de maçã, responsável por 49% da produção total do país, seguido pelo estado do Rio Grande do Sul, com 48% da produção (IBGE, 2021). Em Santa Catarina a fruticultura é uma das atividades produtivas que mais contribuíram para a geração de renda de milhares de famílias rurais (Epagri, 2022). Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Maçã (ABPM, 2021), o setor proporciona um dos maiores

Recebido em 05/01/2024. Aceito para publicação em 09/08/2024.

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i3.1801>

Editora de seção: Glaucia Almeida Padrão

¹ Acadêmica do Curso de Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa postal 476, CEP 88034-000, Florianópolis, SC, Brasil, e-mail: rebecapsouza@hotmail.com.

² Engenheiro-agrônomo, Dr., Professor adjunto do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa postal 476, CEP 88034-000, Florianópolis, SC, Brasil, telefone: (48) 3721-5330, e-mail: alberto.brighenti@ufsc.br;

³ Economista, Dr., Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola (Epagri/Cepa), 88034-000, Florianópolis, SC, telefone: (48) 3665-5448, e-mail: rogeriojunior@epagri.sc.gov.br.

índices de demanda de mão de obra no agronegócio brasileiro.

A produção de maçã representa importante fonte de emprego e renda. Para a produção da fruta e o manejo dos pomares há necessidade de mão de obra de pelo menos três indivíduos por hectare de modo direto e indireto, o que representa mais de 100 mil empregos em sua cadeia produtiva e demonstra a relevância social deste empreendimento (Petri *et al.*, 2018).

Nos últimos anos, as adversidades climáticas e a renovação de pomares afetaram a produtividade média dos pomares, mas a partir de 2020/21 houve recuperação. E no mesmo período os preços apresentaram variações negativas influenciadas por problemas na qualidade da fruta para armazenagem e restrições no mercado.

Este trabalho busca analisar a evolução da produção de maçãs no estado de Santa Catarina. Além de identificar os motivos que levaram ao aumento da produtividade média das maçãs 'Fuji' e 'Gala' na safra 2020/21 após resultados negativos anteriores, o trabalho tem como objetivo examinar o comportamento dos preços na composição do Valor Bruto da Produção das maçãs catarinenses.

Material e métodos

O trabalho foi elaborado a partir de pesquisa descritiva e documental, conforme Kripka, Scheller e Bonotto (2015). Os dados obtidos provêm da extração e caracterização de informações contidas nos documentos analisados. No trabalho os principais dados sobre a safra de maçã catarinense foram obtidos de relatórios e boletins do Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola – Epagri/Cepa (Goulart Jr. e Reiter, 2021; 2022; Epagri, 2021a; 2021b) e pesquisas do IBGE (2020; 2021). A partir dessas fontes o trabalho buscou analisar aspectos da evolução de produção, produtividade e valor de produção nos anos safra 2014/15, 2017/18 e 2020/21 que apresentaram a produção próxima da média histórica, safras com dados por

cultivares de maçãs disponíveis e em intervalo trienal para reduzir os efeitos das alternâncias dos cultivares nos dados. Para a análise foi caracterizada a produção específica dos diferentes cultivares de maçãs, como 'Fuji' e 'Gala', destacando a influência de fatores climáticos e de mercado na produção e nos preços nas três safras para o estado de Santa Catarina.

Resultados e discussão

Produção catarinense

Na safra 2020/21, o estado de Santa Catarina produziu 604,27 mil toneladas de maçã, sendo 56,4% deste valor referente à produção de maçã 'Fuji'; 42,1% de maçã 'Gala' e 1,5% de maçãs precoces, que possuem baixa exigência de frio, como Eva, Condessa e Princesa. A produção de maçã no estado de Santa Catarina na safra 2020/21 é realizada por 2.879 pomicultores. A área colhida na safra 2020/21 foi de 15.020,96 hectares, sendo que 78,69% da área está localizada na microrregião de Campos de Lages, seguida pela microrregião de Joaçaba, com 15,38% (Epagri, 2022).

A microrregião de Campos de Lages, localizada na mesorregião Serrana, apresentou a maior produção de maçãs, sendo responsável por 81,81% da produção estadual. Entre os principais municípios pertencentes à microrregião, destacam-se: São Joaquim, responsável

por 72,56% da produção da região, Bom Jardim da Serra (9,63%), Urubici (4,03%) e Urupema (5,90%).

Na microrregião de Joaçaba, na mesorregião do Oeste Catarinense, o volume produzido representou 13,97% do total estadual, sendo os principais municípios produtores: Fraiburgo, responsável por 63,62% da produção da região, Água Doce (16,45%) e Lebon Régis (8,79%).

Na Figura 1 é possível observar a produção mensal de maçãs no estado de Santa Catarina, onde a produção da maçã 'Fuji' esteve concentrada no mês de abril, com 43,5% da produção total. Já para maçã 'Gala' a produção estava concentrada no mês de fevereiro, com um total de 50,5% da produção. Para as maçãs precoces, com menor exigência de frio (Eva e outras), a maior produção se deu no mês de janeiro de 2021, com 51,7% do total produzido (Epagri, 2022).

Produtividade catarinense

No ano de 2020 os estados da Região Sul do Brasil, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, representaram 99% da área colhida e 99,1% da quantidade produzida nacionalmente (IBGE, 2021). O estado de Santa Catarina apresentou a maior produtividade média de maçãs, sendo líder nacional desde o ano de 2016.

A microrregião de Campos de

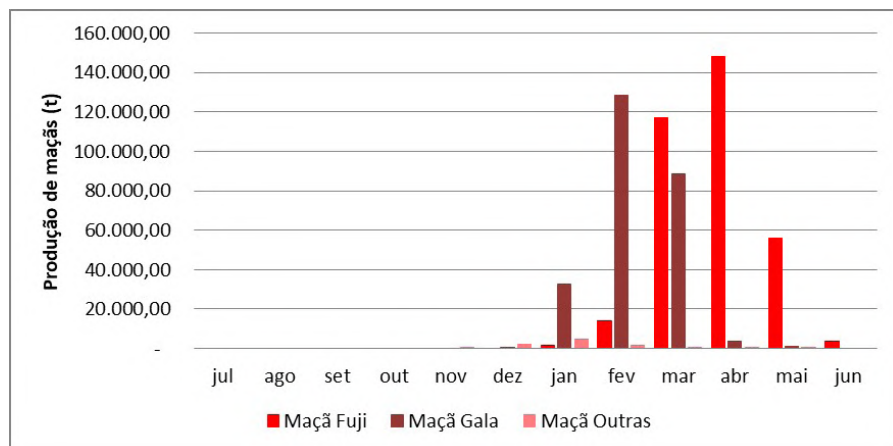


Figura 1. Produção de maçãs no estado de Santa Catarina – Safra 2020/21

Fonte: Goulart Jr. e Reiter, 2022

Figure 1. Production of apples in the state of Santa Catarina – 2020/21 harvest

Source: Goulart and Reiter, 2022

Lages, entre as safras 2017/18 e 2020/21, apresentou redução na área em produção, mas com aumento na produtividade média de 5,75%, ou seja, de 37.062Kg ha⁻¹ para 39.194Kg ha⁻¹, passando de uma produção de 443,3 mil toneladas em 11.960 hectares, em 2017/18, para uma produção de 459,3 mil toneladas em 11.718 hectares, em 2020/21. Para a HFBrasil (2020), essa diminuição da área pode estar ligada à renovação de alguns pomares com plantios mais adensados.

Conforme Epagri (2019), na safra 2017/18, a produção total estadual foi de 574,65 mil toneladas de maçã, sendo 54% do cultivar maçã Gala, 43,9% do cultivar Fuji e 2,2% de variedades de maçãs precoces. No comparativo entre as safras de 2017/18 e 2020/21, o cultivar de maçã Fuji apresentou aumento de 11,6%, representando 47,2% da produção estadual, enquanto a produção de maçã 'Gala' reduziu 1,6%, com 51,2% de participação e as precoces apresentaram diminuição de 22,1% na produção no período, representando 1,6% da produção estadual.

De acordo com Carvalho *et al.* (2020), na safra 2019/20 houve uma diminuição de 15% na produção da maçã no sul do Brasil, mas seguindo com a mesma qualidade de destaque nacional. Essa redução na produção deveu-se ao fato de ter havido um inverno com menos horas de frio e com efeitos negativos da estiagem que ocorreu no ano de 2019 e afetou o desenvolvimento dos pomares.

Na safra 2020/21 houve recuperação do volume, com acúmulo de horas de frio no inverno de 2020 e florada satisfatória, com frutas de maior calibre e melhor qualidade em relação à safra anterior (Kist *et al.*, 2021).

Para a Epagri (2022), a produtividade média estadual na safra 2020/21 foi de 39.337,95Kg ha⁻¹, ficando acima da produtividade média das safras anteriores. Esse aumento na produtividade pode estar relacionado à quantidade de horas de frio acima da média que foi registrada nos meses de julho e agosto de 2020 e maior florada,

Tabela 1. Quantidade de horas frio acumuladas – safra 2020/2021

Table 1. Number of accumulated cold hours – 2020/2021 harvest

Município	Safra 2020/2021	Média
São Joaquim	1.446	1.226
Fraiburgo	1.031	741
Campos Novos	969	853
Caçador	865	615
Lages	1.228	868
Bom Retiro	1.173	796
Videira	650	378
Major Vieira	918	680
Urussanga	288	207

Fonte: Epagri, 2021c

Source: Epagri, 2021c

permitindo o aumento da produção em novas áreas já em produção com pomares mais adensados.

Para a macieira, o frio em quantidade adequada é fundamental para promover uma boa brotação, uma boa florada e um crescimento vegetativo equilibrado (Anzanello *et al.*, 2014; Pasa *et al.*, 2018).

A redução da taxa de brotação é o principal efeito do baixo acúmulo de frio hibernar sobre a fisiologia da macieira, como resultado há uma redução significativa na área foliar total. Diversas

consequências estão relacionadas à redução da área foliar, dentre as quais é possível citar: formação de estruturas de frutificação de menor qualidade, redução do número e da qualidade das flores, redução do tamanho médio dos frutos, envelhecimento precoce da planta e menor potencial produtivo ao longo dos anos. Além da redução da taxa de brotação, a falta de frio resulta na formação de flores fracas, o que pode comprometer a frutificação efetiva. Com a formação de flores de tamanho pequeno, os óvulos apresentam um

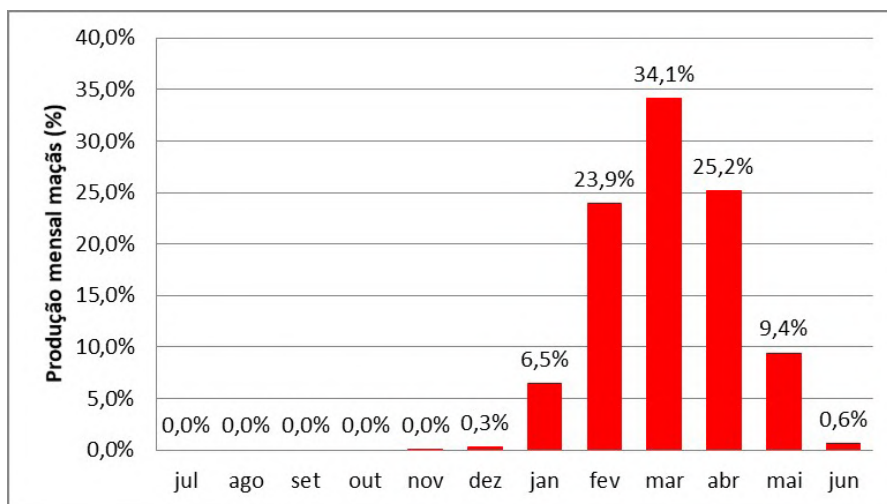


Figura 2. Percentual de produção mensal de maçãs em Santa Catarina – Safra 2020/21

Fonte: Goulart Jr. e Reiter, 2022

Figure 2. Percentage of monthly apple production in Santa Catarina – 2020/21 Harvest

Source: Goulart and Reiter, 2022

desenvolvimento anormal, resultando no abortamento do embrião e, conseqüentemente, na queda das flores (Petri e Leite, 2004; Martin *et al.*, 2019).

Em relação à produção estadual de 2020/21 (Figura 2), a colheita foi iniciada no mês de dezembro de 2020 e terminou no mês de junho do ano seguinte. A maior concentração ocorreu no mês de março de 2021, totalizando 34,1% da produção no estado de Santa Catarina. Para as maçãs precoces (outras) o período de maior produção compreendeu os meses de dezembro a fevereiro, com 51% da produção em janeiro. A maçã ‘Gala’ apresentou maior produção nos meses de janeiro a março, com 50,5% em janeiro. E a maçã ‘Fuji’ obteve maior concentração da produção entre março e maio, com 43,5% sendo colhido em abril. Com desenvolvimento e maturação anterior, a maçã ‘Fuji’, as maçãs precoces e a ‘Gala’ sentiram os maiores efeitos adversos da estiagem nos estádios de floração, frutificação e maturação no segundo semestre de 2020 e nos primeiros meses de 2021.

Valor da produção catarinense

Segundo o levantamento da Epagri/Cepa (Goulart Jr. e Reiter, 2022), na safra de 2020/21, o estado de Santa Catarina obteve um valor bruto de produção (VBP) total estimado em R\$674,4 milhões, sendo que a maçã ‘Fuji’ foi responsável por 59,6% deste valor, a maçã ‘Gala’ por 38,9% e as maçãs precoces (outras) 1,50% do VBP. Se compararmos o VBP da safra 2020/21 com as safras anteriores, houve redução de 28,8% nos valores em relação a 2014/15 e de 22,2% em relação a 2017/18, sendo possível notar uma expressiva redução no valor bruto de produção de maçã ‘Gala’ e das precoces em função do preço entre as safras.

As maçãs são classificadas em três categorias de acordo com a Instrução Normativa nº5 de 2006 do Mapa (Cidasc, 2021). O Mapa define defeito como toda alteração que afete a qualidade da maçã, seja ela causada por fatores fisiológicos, mecânicos ou por

Tabela 2. Valor bruto de produção (VBP) corrigido nas safras 2014/15, 2017/18 e 2020/21 em Santa Catarina

Table 2. Corrected gross production value (VBP) in the 2014/15, 2017/18 and 2020/21 harvests in Santa Catarina

Fruta	VBP (Mil R\$) *	VBP (Mil R\$) *	VBP (Mil R\$)
	2014/15	2017/18	2020/21
Maçã Fuji	422.851	363.353	402.125
Maçã Gala	490.166	480.272	262.178
Maçã outras	34.618	23.034	10.145
Total	947.634	866.659	674.448

Nota: (*) VBP corrigido pelo IGP-DI (2021=100)

Note: (*) VBP corrected by IGP-DI (2021=100)

Fonte: Goulart Jr., 2018; Goulart Jr. e Reiter, 2022

agentes diversos. Uma maçã categoria 1 (cat. 1) admite até dois defeitos por fruta; uma maçã categoria 2 (cat. 2) admite até três defeitos por fruta; já uma maçã categoria 3 (cat. 3) admite até 4 defeitos por fruta. Um dos fatores observados para classificar as maçãs é a quantidade de área da epiderme da fruta com coloração vermelha, assim como danos por geada, mancha de sarna e rachadura peduncular.

Segundo Epagri (2021a), se compararmos os preços de junho de 2021 com o mesmo mês do ano anterior, as cotações da maçã ‘Fuji’ foram desvalorizadas em 23,9% para cat. 1, 45,6% para a cat. 2 e 46% para a cat. 3.

Na maçã ‘Gala’ houve desvalorização nas categorias 1, 2 e 3 de 32,2%, 44,4% e 47,3%, respectivamente. Além do período da colheita no primeiro semestre, ocorre comercialização da fruta armazenada em câmaras frias no segundo semestre (entressafra) de cada ano. Em função disso, a estratégia por parte das cooperativas e empresas classificadoras para minimizar essa redução nas cotações no segundo semestre foi o escoamento dos estoques para exportação (Miranda, 2021). Dessa forma foi possível reduzir a oferta no mercado interno e favorecer a entrada das frutas da próxima safra no início do ano de 2022 com possibilidade

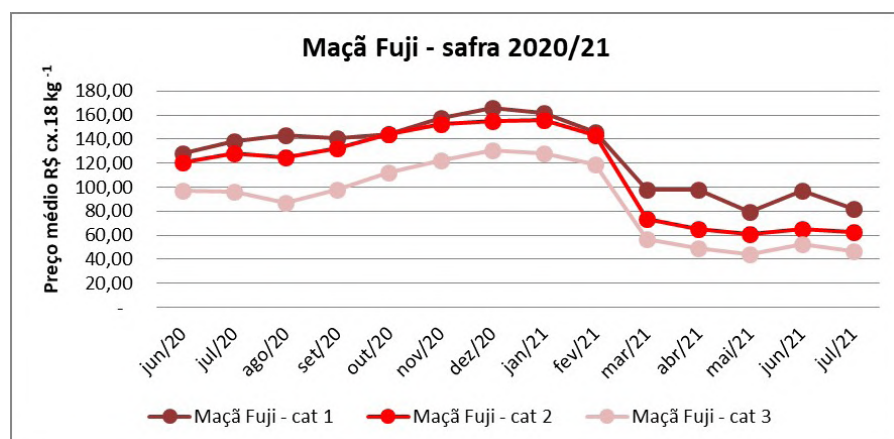


Figura 3. Evolução do preço médio mensal atacado da maçã ‘Fuji’ por categoria em Santa Catarina – Safra 2020/21

Nota: Preços corrigidos pelo IGP-DI (jan/22=100)

Figure 3. Evolution of the average monthly wholesale price of ‘Fuji’ apples by category in Santa Catarina – 2020/21 Harvest

Note: Prices corrected by IGP-DI (Jan/22=100)

Fonte: Autores (adaptado de Epagri, 2021a)

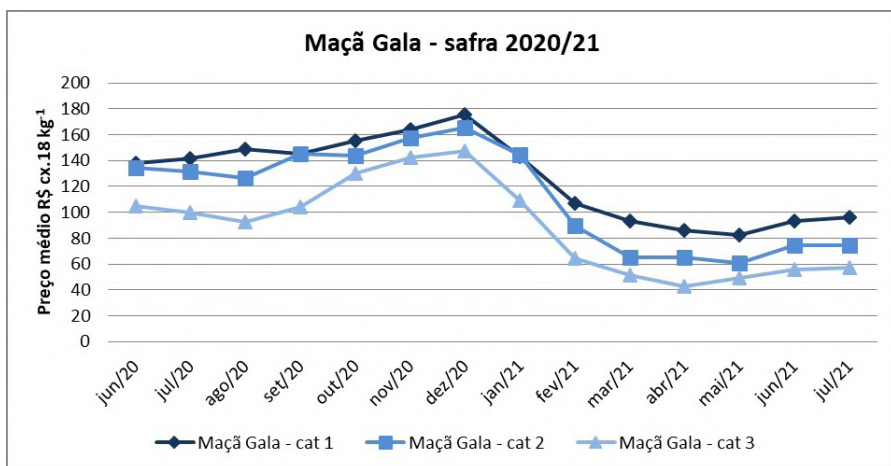


Figura 4. Evolução do preço médio mensal atacado da maçã 'Gala' por categoria em Santa Catarina – Safra 2020/21

Nota: Preços corrigidos pelo IGP-DI (jan/22=100)

Fonte: Autores (adaptado de Epagri, 2021a)

Figure 4. Evolution of the average monthly wholesale price of Gala apples by category in Santa Catarina – 2020/21 Harvest

Note: Prices corrected by IGP-DI (22/jan=100)

Tabela 3. Preços médios corrigidos ponderados por fruta em diferentes safras de maçã em Santa Catarina

Table 3. Corrected average prices weighted per fruit in different harvests of Santa Catarina

Fruta	Preço (R\$ kg ⁻¹) *	Preço (R\$ kg ⁻¹) *	Preço (R\$ kg ⁻¹)
	2014/15	2017/18	2020/21
Maçã Fuji	1,49	1,44	1,18
Maçã Gala	1,55	1,55	1,03
Maçã outras	1,88	1,84	1,13
Total	1,53	1,51	1,12

Nota: Preços corrigidos pelo IGP-DI (2022=100)

Note: Prices corrected by IGP-DI (2022=100).

Fonte: Goulart Jr., 2018; Goulart Jr. e Reiter, 2022

de valorização das cotações.

Entre as safras 2017/18 e 2020/21, o preço médio ponderado apresentou redução de 26% devido à combinação de três fatores. Um deles foi o aumento na quantidade produzida em 2020/21 em relação à safra anterior, que induziu a redução nos preços com o aumento da oferta do produto no mercado. Outro fator foram os efeitos negativos da estiagem que afetaram a qualidade da fruta para o armazenamento em câmaras frias, principalmente da maçã 'Gala', o que reduziu as cotações e determinou a necessidade de maior escoamento da fruta durante a colheita, antecipando parte do volume médio

negociado no segundo semestre. Um terceiro fator foi a estratégia de escoamento da fruta via exportações, devido à restrição na demanda interna entre 2020 e 2021, devido aos impactos do controle da Covid-19, com cotações mais competitivas.

Assim, o VBP de 2020/21 foi reduzido em relação ao período anterior analisado, com diminuição de 45,4% para a maçã 'Gala' e aumento de 10,7% para a maçã 'Fuji'. Houve um aumento de 5,2% na quantidade total produzida de maçãs de 2020/21: aumento de 35,2% no volume de maçã 'Fuji' e diminuição de 18% na maçã 'Gala'.

Conclusão

A maleicultura catarinense apresenta destaque nacional mostrando uma recuperação na produtividade, apesar das adversidades econômicas, sanitárias e climáticas. Com isso, na produção de maçãs em Santa Catarina, pode-se destacar a importância do monitoramento e da adaptação às condições climáticas e de mercado da cadeia produtiva.

Referências

ANZANELLO, R.; FIALHO, F.B.; SANTOS, H.P.D.; BERGAMASCHI, H.; MARODIN, G.A.B. Bud dormancy in apple trees after thermal fluctuations. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 6, p. 457-464, 2014.

BINARD, P. **European perspective on the evolving apples international production and trade (Point 2.1 MO Pip Fruit international context Freshfel Europe WAPA)**. Freshfel/WAPA-Market Observatory, 20 may, 2021. Disponível em: https://agriculture.ec.europa.eu/data-and-analysis/markets/overviews/market-observatories/fruit-and-vegetables/pip-fruit-subgroup_en. Acesso em: 15 Mar 2022.

CIDASC – COMPANHIA INTEGRADA DE DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA DE SANTA CATARINA. **Instrução normativa Nº 5**, de 9 de fevereiro de 2006, MAPA – MIN. DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO, Disponível em: <http://www.cidasc.sc.gov.br/classificacao/files/2012/08/INM00000005.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2021.

EPAGRI– EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola (Epagri/Cepa). **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2018-19**. v.1, Florianópolis: Epagri-Cepa, 2019.

EPAGRI– EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola

- (Epagri/Cepa). **Boletim Agropecuário (n. 100) – Fruticultura - Maçã. Setembro/2021.** Florianópolis, 2021a, 47p. (Documentos n. 345).
- EPAGRI– EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola (Epagri/Cepa). **Boletim Agropecuário (n. 102) – Fruticultura - Maçã. Novembro/2021.** Florianópolis, 2021b, 55p. (Documentos n. 347).
- EPAGRI – EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA, Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia (Epagri/Ciram). **Monitoramento do Frio.** Caçador, 2021c, 4p.
- EPAGRI – EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. **Safra catarinense de maçã espera colher metade da produção nacional.** 2021d. Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2021/02/11/safra-catarinense-de-maca-espera-colher-metade-da-producao-nacional/>. Acesso em: 06 dez. 2021.
- EPAGRI – EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA, Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola (Epagri/Cepa). **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2020-21.** v.1, Florianópolis: Epagri-Cepa, 2022.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE DATA**, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 15 mar. 2022.
- GOULART JR., R. Evolução da produção de maçã no estado de Santa Catarina (2014-2017). *In*: **CONGRESSO DA SOBER. 2018.** Disponível em: http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cep/Artigos/Evolucao_producao_maca_Santa_Catarina.pdf. Acesso em: 06 dez. 2021.
- GOULART JR., R.; REITER, J.M.W. **Relatório parcial de análise dos dados (frutas agrupadas em UGTs): LF - Frutas de clima temperado - 2020/21.** Florianópolis: Epagri/Cepa, 2021.
- GOULART JR., R.; REITER, J.M.W. **Relatório de projeto – LFTemp 2020/21 – Fruticultura Catarinense: Principais frutas de clima temperado,** Florianópolis: Epagri/Cepa, 2022 (Relatório). Disponível em: <https://cepa.epagri.sc.gov.br/index.php/publicacoes/fruticultura/estudo-e-levantamento-da-fruticultura-catarinense/>. Acesso em: 15 mar. 2022.
- HFBRASIL – Hortifrúti Brasil. **ANUÁRIO 2020-2021.** Piracicaba: 2020. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/retrospectiva-2020-perspectivas-2021.aspx>. Acesso em: 06 dez. 2021.
- CARVALHO, C. de; KIST, B.B.; BELING, R.R. **ANUARIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI - 2020.** Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz do Sul, 2020. Disponível em: https://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2020/05/HORTIFRUTI_2020.pdf. Acesso em: 08 dez. 2021.
- KIST, B.B.; CARVALHO, C. de; BELING, R.R. **ANUARIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI - 2021.** Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz do Sul, 2021. Disponível em: https://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2021/04/HORTIFRUTI_2021.pdf. Acesso em: 08 dez. 2021.
- KRIPKA, R.M.L.; SCHELLER, M.; BONOTTO, D. de L. Pesquisa documental na pesquisa qualitativa: conceitos e caracterização. **Revista de Investigaciones Unad**, Bogotá, v.14, n.2, p. 55-73, 2015.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PAM – Pesquisa Agrícola Municipal.** Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 15 de mar. 2022.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **LSPA - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola Municipal.** Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em 15 de mar. 2022.
- MARTIN, M.S. de; PETRI, J.L.; BRIGHENTI, A.F. A maçã ‘Fuji’ da região de São Joaquim tem potencial para uma indicação geográfica? **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.32, n.3, p. 13-14, 2019.
- MIGICOVSKY, Z.; GARDNER, K.M.; RICHARDS, C.; CHAO, C.T.; SCHWANINGER, H.R.; FAZIO, G.; ZHONG, G.Y.; MYLES, S. Genomic consequences of apple improvement, **Horticulture Research**, v.8, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41438-020-00441-7>.
- MIRANDA, E. de. **Aumento na produção de maçãs favorece exportação.** 2021. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/223604/1/5907.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2021.
- PASA, M.S.; FELIPPETO, J.; NAVA, G.; SOUZA, A.L.K.; BRIGHENTI, A.F.; PETRI, J.L. Performance of ‘Maxi Gala’ apple trees as affected by budbreak promoters, in São Joaquim-SC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.40, n.5, e-537, 2018.
- PETRI, J.L.; LEITE, G.B. Consequences of insufficient winter chilling on apple tree bud-break. **Acta Horticulturae**, n.662, p.53-60. 2004.
- PETRI, J.L.; SEZERINO, A.A.; MARTIN, M.S. de. Estado atual da cultura da macieira. **Artigo Exclusivo - Toda fruta.** Disponível em: <https://www.todafruta.com.br/wp-content/uploads/2018/03/MA%3C%87%3C%83.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2021.
- TAGUCHI, V. Maçã é a fruta mais consumida no mundo. **Revista Globo Rural.** Disponível em: <http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,ERT274395-18077,00.html>. Acesso em: 06 dez. 2021.

Avaliação de três variedades de milho de polinização aberta para a produção de silagem em duas épocas de plantio

Ana Lúcia Hanisch¹, Daniel Dalgallo², Felipe Bermudez Pereira³, Donato João Noernberg⁴ e Ângela Fonseca Rech⁵

Resumo – A Epagri dispõe de três variedades de milho de polinização aberta (VPA), SCS154 Fortuna, SCS155 Catarina e SCS156 Colorado, que são bem aceitas por produtores de grãos, mas ainda pouco utilizadas para produção de silagem. Com o objetivo de verificar o desempenho dessas variedades para esse fim, foi conduzido um experimento na safra 2021/22 em Canoinhas, SC, em delineamento em blocos ao acaso, em um fatorial 2x4, sendo duas épocas de plantio (segunda quinzena de setembro e segunda quinzena de outubro) x as três VPA + uma variedade transgênica recomendada para silagem, totalizando oito tratamentos, com quatro repetições. No estágio R4 foram avaliados indicadores morfológicos (altura de planta e de inserção da espiga, diâmetro do colmo, peso verde e a proporção de espiga, folha e colmo). Em seguida, as plantas de cada parcela foram cortadas, picadas na ensiladeira e incubadas em minissilos de PVC, que após 90 dias foram enviados para análise da composição química. Houve efeito de época de plantio para todos os indicadores morfológicos e produtivos avaliados. Foi verificado aumento da altura de plantas nas três variedades de milho VPA no plantio de outubro, fato não observado na variedade transgênica. A composição química diferiu entre os cultivares, mas não foi afetada pelas épocas de plantio, à exceção da proteína bruta. Todos os cultivares apresentaram padrões dentro dos parâmetros recomendados para silagem de qualidade e características favoráveis ao processo de ensilagem.

Termos para indexação: *Zea mays*; Ensilagem; Componentes estruturais; composição bromatológica.

Evaluation of three open-pollinated corn varieties for silage production in two planting seasons

Abstract – Epagri has three open-pollinated corn varieties (VPA), SCS154 Fortuna, SCS155 Catarina and SCS156 Colorado, which are well accepted by grain producers, but still little used for silage production. To verify the performance of these varieties an experiment was conducted in the 2021/22 harvest in Canoinhas, SC, in a randomized block design, in a 2x4 factorial, with two planting seasons (second half of September and second half of October) x the three VPA + one transgenic variety recommended for silage, totaling eight treatments, with four replicates. At the R4 stage, morphological indicators were evaluated (plant height and ear insertion, stalk diameter, green weight and the proportion of ear, leaf and stalk). Then, the plants were cut, chopped in the silage harvester and incubated in mini PVC tubes, which after 90 days were sent for analysis of the chemical composition. There was an effect of planting season for all morphological and productive indicators evaluated. An increase in plant height was observed in the three VPA corn varieties at October planting, a fact not observed in the transgenic variety. The chemical composition differed among cultivars, but was not affected by planting season, except for crude protein. All cultivars presented patterns within the parameters recommended for quality silage and favorable characteristics for the ensiling process.

Index terms: *Zea mays*; Ensilage; Structural components; Bromatological composition.

Introdução

Na pecuária da Região Sul do Brasil, em função da praticidade e do volume produzido, o milho é a principal cultura utilizada para a produção de silagem (Daniel *et al.*, 2019). Em Santa Catarina, um estudo realizado no Oeste

Catarinense confirmou que, entre as principais tecnologias utilizadas, 83% das propriedades leiteiras utilizam silagem de milho como fonte de volumosos (Jochims e Silva, 2019). A qualidade de uma silagem de milho é variável em função de uma série de condições, como a escolha do cultivar,

as condições climáticas e do solo, a época de plantio e o manejo cultural (Oliveira *et al.*, 2017), além do estágio de maturação da planta na colheita, tamanho da partícula e compactação adequada do silo (Ferreira *et al.*, 2007).

Desde 2006 a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de

Recebido em 18/06/2024. Aceito para publicação em 11/09/2024.

Editor de seção: André Brugnara Soares

¹ Eng.-agr., Dra., Pesquisadora, Epagri/Estação Experimental de Canoinhas, Rua Maria Olsen, s/nº, Distrito de Marçílio Dias, CEP 89465-250, Canoinhas, SC, fone: (47) 3627-4199; e-mail: analucia@epagri.sc.gov.br;

² Eng.-agr., Extensionista rural, Epagri EM Porto União, Rua Sete de Setembro, 870 - Centro, Porto União - SC, 89400-000, fone: (47) 3627-4331, e-mail: dalgallo@epagri.sc.gov.br

³ Eng.-agr., Dr., Pesquisador, Epagri/Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar, Serv. Ferdinando Tusset, s/nº, Bairro São Cristóvão, Chapecó, SC, 89803-904, fone:(49)2049-7510, e-mail: felipepereira@epagri.gov.sc.br.

⁴ Eng.-agr., Extensionista rural, Epagri/ Gerência Regional de Canoinhas, e-mail: donatojoao@epagri.sc.gov.br.

⁵ Zootecnista., Dra., Pesquisadora, Epagri/Estação Experimental de Lages, Rua João José Godinho, s/nº, Bairro Morro do Posto, Lages, SC, 88502-970, fone: (49) 3289-6400, e-mail: angelarech@epagri.sc.gov.br.

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i3.1880>

Santa Catarina (Epagri) dispõe de três variedades de milho de polinização aberta (VPA)⁶, SCS154 Fortuna, SCS155 Catarina e SCS156 Colorado, com boa aceitação por produtores de grãos, mas que ainda são pouco utilizadas para produção de silagem, em grande parte por falta de informações técnicas sobre o tema. Em condições de estresse, essas variedades possuem maior plasticidade quando comparadas aos materiais híbridos ou transgênicos (Dávalos e Vogt, 2010). A plasticidade fenotípica e a variabilidade genética refletem no desempenho diferenciado das plantas na lavoura, reduzindo a homogeneidade da resposta aos estresses ambientais. Em tempos de mudanças climáticas, em especial relacionadas à estiagem, a plasticidade fenotípica e a variabilidade genética são de grande importância a campo para a manutenção da produtividade, como também para a possível resistência a doenças ou pragas (Wordell *et al.*, 2010; Wordell *et al.*, 2011; Castilhos *et al.*; 2022).

A produtividade média dos milhos VPAs da Epagri se aproxima da média estadual catarinense de 8,4t ha⁻¹ de grãos na primeira safra e de 6,3t ha⁻¹ na segunda (Epagri/Cepa, 2023), mesmo em condições ambientais desfavoráveis. Vogt *et al.* (2011), avaliando a estabilidade e a adaptabilidade dos milhos SCS154 Fortuna e SCS155 Catarina em 11 ambientes ao longo de três safras agrícolas, obtiveram produtividades médias de 8,7 e 6,6t ha⁻¹, em ambientes favoráveis e em condições de estresse, respectivamente. São frequentes resultados de pesquisa com valores entre 8,5 a 10t ha⁻¹ de grãos para esses dois VPAs, em especial nas regiões do Planalto Norte e do Oeste Catarinense (Dávalos e Vogt, 2010; Balbinot Jr. *et al.*, 2010; Pandolfo *et al.*, 2014).

Destaque especial deve ser dado ao desempenho dos milhos VPA da Epagri em sistemas de produção agroecológica e orgânica, sendo observadas respostas lineares ao aumento de produtividade em sistemas com acúmulo de nutrientes

provenientes de esterco líquido de suíno (Scherer, 2011; Scherer e Spagnollo, 2014). No Planalto Norte Catarinense, com o uso de cama de aviário como única fonte de nutrientes, os milhos Fortuna e Catarina alcançaram 9,3t ha⁻¹ de grãos (155 sacas ha⁻¹) na média de 4 safras (Hanisch *et al.*, 2012) e produtividades de 6,9t ha⁻¹ somente com uso de um remineralizador de solo à base de pó de basalto (Hanisch *et al.*, 2013). Outro fator de destaque no uso desses materiais é o custo-benefício, sendo o custo da saca de semente dos milhos VPA da Epagri, significativamente menores em relação aos híbridos ou transgênicos recomendados para silagem⁷.

Uma característica observada a campo nos milhos VPA da Epagri é a diferenciação morfológica em resposta ao período de plantio, com maior crescimento em altura nos plantios mais tardios, o que pode influenciar indicadores relacionados à qualidade da silagem. Dessa forma, considerando-se a importância da caracterização agrônômica dos materiais genéticos para orientar a escolha de materiais que propiciem alta produção de silagem com elevado valor nutritivo, essa pesquisa teve por objetivo avaliar o desempenho de três variedades de milho VPA da Epagri semeados em duas diferentes épocas de plantio, buscando gerar informações técnicas que permitam seu uso com maior segurança para esse fim.

Material e métodos

O experimento foi realizado em Canoinhas, SC (26°09'99''S e 50°39'10''O, com altitude de 800m, clima Cfb, solo tipo Cambissolo). O solo do local apresentava na ocasião da implantação do experimento as seguintes características na camada de 0-20cm: teor de argila= 33% (Classe 3); pH água = 7,0; (em mg dm⁻³) P = 9,8 e K trocável = 394; (em cmolc dm⁻³) Al=0, Ca=14,2 e Mg=5,1; M.O.S. = 4,4g kg⁻¹ e V = 94%. Antes da instalação do experimento, a área estava com

pastagem de azevém que foi dessecada em 24/08/2021, com 3L ha⁻¹ de glifosato.

A semeadura da primeira época foi realizada no dia 28/09/2021 e a da segunda época em 28/10/2021 e a germinação ocorreu em 04/10 e 03/11, respectivamente. Foi utilizada como adubação a fórmula 9-33-12 (NPK) na dosagem de 410kg ha⁻¹ de acordo com a recomendação para uma expectativa de produção de grãos de 150 sacas ha⁻¹ (CQFS-RS/SC, 2016). A dose de nitrogênio restante (113kg ha⁻¹) foi administrada na forma de ureia, na linha de plantio, parcelada em duas aplicações: 50% no estágio fenológico V4 e 50% em V8. Para o controle de plantas invasoras foi utilizado o herbicida Atrazina na dose de 5,0L ha⁻¹ aos 20 dias após a semeadura. Foi realizado o controle fitossanitário com a aplicação dos inseticidas Engeo™ Pleno (200ml ha⁻¹) e Lannate (1L ha⁻¹) em 27/11/2021, em especial para controle do ataque de lagartas. Durante o período do experimento, ocorreu estiagem nos meses de novembro e dezembro, com precipitação média mensal bem abaixo da média da região (Figura 1).

Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 2x4, sendo duas épocas de plantio, 28/09/2021 (normal) e 28/10/2021 (tardia) e quatro tipos de milho: SCS154 Fortuna, SCS155 Catarina, SCS156 Colorado e uma variedade transgênica recomendada para silagem (cv. AG8690 PRO3) utilizando-se quatro repetições. Cada parcela media 7 x 4m (área útil de 6 x 3m) e foi composta por cinco linhas com espaçamento de 0,80m entre linhas para um estande de 55 mil plantas ha⁻¹.

Para a avaliação dos indicadores da silagem, utilizou-se a linha central da área útil de cada parcela. No estádio R4, que ocorreu em 03/02/2022 (1ª época) e 14/02/2022 (2ª época) foram contadas as plantas na linha e avaliadas a altura de planta e de inserção da espiga (m), o diâmetro do colmo (mm) medido no primeiro internódio visível com paquímetro e o número de espigas por planta. Em seguida as plantas foram cortadas a 25cm em relação ao nível

⁶ Importante destacar que os milhos VPA da Epagri diferem das sementes crioulas, que são populações manejadas e reproduzidas tradicionalmente pelos agricultores ao longo dos anos, sem terem sofrido processo convencional de melhoramento genético.

⁷ Atualmente, as sementes de milho VPA são comercializadas pela BMF Tec_Bio (<https://www.bmforganicos.com.br/>) empresa licitada pela Epagri para promover a produção, beneficiamento e difusão dos milhos VPA SCS154 Fortuna, SCS155 Catarina e SCS156 Colorado.

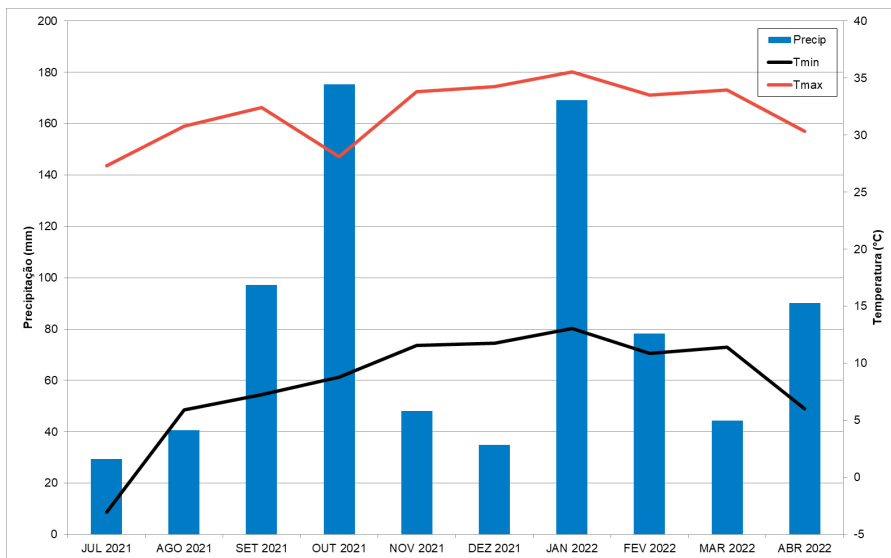


Figura 1. Precipitação mensal (mm) e média das temperaturas máximas e mínimas durante o período de execução do experimento de avaliação de milho VPA para silagem em duas épocas de plantio – Canoinhas, SC, 2022

Figure 1. Monthly precipitation (mm) and average maximum and minimum temperatures during the execution period of the experiment to evaluate VPA corn for silage in two planting seasons – Canoinhas, SC, 2022



Figura 2. Corte das plantas da linha central da parcela (A) e pesagem das mesmas para determinação de indicadores produtivos (B) – Canoinhas, SC, 2022

Foto: Ana Lucia Hanisch

Figure 2. Cutting of plants from the central line of the plot (A) and weighing them to determine production indicators (B) – Canoinhas, SC, 2022

Photo: Ana Lucia Hanisch

do solo e pesadas para estimativa da produção da silagem (Figuras 2a e 2b).

Três das plantas cortadas em cada parcela foram aleatoriamente selecionadas, pesadas e separadas nos componentes colmo, folhas e espiga, os quais, por sua vez, foram pesados e levados para serem secados em estufa de circulação forçada, até

peso constante (aproximadamente 72 horas) e novamente pesados para determinação do teor de massa seca. As demais plantas foram picadas na ensiladeira (diâmetro entre 0,8 e 1,5cm) e, aproximadamente, dois quilos das plantas picadas de cada parcela foram homogêneas e ensiladas em silos experimentais de PVC (10cm de

diâmetro e 45cm de comprimento), compactados manualmente e fechados com tampa de PVC (Figuras 3a e 3b). Simultaneamente, amostras de plantas picadas foram homogêneas e subamostras de 500g foram coletadas e pré-secadas em estufa a 60°C, até peso constante, e pesadas para a determinação da porcentagem e da produtividade de massa seca (kg ha^{-1}).

A abertura dos silos experimentais foi realizada 90 dias após a ensilagem de cada época, sendo descartados 5cm iniciais das porções inferior e superior. As amostras foram secadas a $\pm 55^\circ\text{C}$ por 72h, moídas em moinho de facas com peneira de 1mm e analisadas em duplicatas. O potencial de hidrogênio iônico (pH) e os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) e extrato etéreo (EE) foram determinados segundo a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2009). Os teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foram determinados em analisador de fibra com filter bags segundo (INCT-CA F-001/1 e f-003/1) (DETMANN *et al.*, 2012). O parâmetro 'nutrientes digestíveis totais' (NDT) foi obtido por meio da equação proposta por Cappelle *et al.* (2001) para silagens sem aditivos.

Para a determinação da produção de grãos por área de cada tratamento, as demais plantas de cada parcela permaneceram a campo até 22/03/2022 quando foram colhidas aleatoriamente, 50 espigas da área útil de cada parcela, em ambas as épocas de plantio, sendo avaliados a massa média de grãos (determinada através da pesagem de 200 grãos por parcela) e a produtividade de grãos através da pesagem das espigas após serem trilhadas, sendo os dados corrigidos para 13% de umidade e extrapolados para kg ha^{-1} .

Os dados relativos à silagem e à produção de grãos foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro Wilk, além do Levene Test para análise da homogeneidade de variâncias. Os dados que cumpriram as premissas para a estatística paramétrica foram submetidos à Análise de Variância (Anova) e posteriormente ao teste



Figura 3. Compactação e ensilagem (A) e os silos experimentais de PVC no período de fermentação (B) – Canoinhas, SC, 2022

Foto: Ana Lucia Hanisch

Figure 3. Compaction and ensilage (A) and experimental PVC silos during the fermentation period (B) – Canoinhas, SC, 2022

Foto: Ana Lucia Hanisch

Phomplementar de Tukey a 5% de probabilidade, quando a Anova demonstrou diferença significativa ($p < 0,05$), bem como foram utilizados para cálculo dos coeficientes de correlação de Pearson, com auxílio do Programa R 4.2.0 (R CORE TEAM DEVELOPMENT 2022) e SISVAR.

Resultados e discussão

Houve efeito de época de semeadura para todos os indicadores morfológicos e produtivos avaliados, à exceção da produção de massa verde de silagem (Tabela 1). Para o período de semeadura no final de outubro foi observado aumento na altura de planta e de inserção da espiga e no peso verde das plantas, mas houve redução do diâmetro do colmo, quando avaliados no momento da ensilagem.

A tendência observada por produtores a campo, para os milhos VPAs da Epagri, de plantas mais altas quando semeadas em períodos mais tardios se confirmou neste experimento. Os cultivares da Epagri apresentaram a mesma altura média que o milho transgênico recomendado para silagem quando semeados em setembro. No entanto, enquanto o cultivar transgênico manteve a mesma altura na semeadura de outubro, todas as VPAs da Epagri aumentaram a altura de planta, com destaque para o milho SCS155 Catarina, cujo aumento médio superou os 35cm

entre as duas épocas (Tabela 1). A altura de inserção da espiga apresentou as mesmas tendências que as observadas para a altura de planta, de aumento na segunda época. Os valores de alturas dos milhos VPA observados para a segunda época foram muito próximos dos valores obtidos por Patzlaff *et al.* (2020), avaliando os mesmos materiais para silagem em Concórdia, SC, e estão dentro da média para alguns trabalhos de avaliação de híbridos de milho indicados para silagem no Brasil (Neumann *et al.*, 2018; Buso *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2021), confirmando o potencial desses materiais para silagem.

O diâmetro do colmo, outro indicador morfológico importante para plantas de milho para silagem, foi influenciado pela interação entre os cultivares e as épocas de plantio. Foi observado aumento desse indicador no milho SCS154 Fortuna e nos demais cultivares houve redução do diâmetro do colmo, sendo essa redução mais acentuada no SCS156 Colorado (Tabela 1). A composição bromatológica e estrutural do colmo é considerada elemento fundamental para determinar a digestibilidade, tanto da matéria seca como da parede celular, de diferentes variedades genéticas de milho destinadas à produção de silagem, influenciando no aumento da fração fibrosa da silagem (Ferreira *et al.*, 2007). O peso verde por planta também apresentou interação entre cultivares e épocas, com o milho SCS156 Colorado reduzindo seu peso na segunda época,

enquanto os demais aumentaram.

O milho VPA SCS154 Fortuna foi o que produziu mais massa verde de silagem nas duas épocas, sendo que na segunda época sua produção não diferiu dos demais (Tabela 1). Os valores médios das duas épocas, em torno de $34t\ ha^{-1}$ foram menores que os observados na média histórica da região, que é, em torno de $42t\ ha^{-1}$ (Epagri/Cepa, 2023) e refletem os efeitos da estiagem observado no período experimental (Figura 1).

Não houve efeito de cultivares e nem de épocas para a participação de folhas nas plantas de milho, que foi em média de 20% da massa seca (Tabela 2), um valor menor que outros trabalhos para o estágio R4 de milho (Mendes *et al.*, 2015), mas que se justifica pela redução de folhas na parte baixa da planta em função do período de estiagem. Por outro lado, a época de plantio influenciou a participação de colmos e espigas nas plantas, sendo que houve interação significativa entre cultivares e épocas para esses indicadores. Na primeira época não houve diferença entre os cultivares, que apresentaram, em média, 35% de espiga e 42% de colmo na participação das partes da planta.

Na segunda época de plantio houve aumento da participação da espiga na planta para o híbrido, que alcançou 42% da massa seca para essa parte. Houve aumento da espiga também para o milho Colorado, enquanto os milhos Fortuna e Catarina mantiveram a mesma proporção de espigas na segunda época. O percentual de colmo na massa seca aumentou na segunda época para os milhos Catarina e Colorado e reduziu para o híbrido e para o cv. Fortuna. A maior participação de colmo no material ensilado pode reduzir o valor nutricional da silagem produzida, pois essa fração apresenta alto teor de fibras de baixa digestibilidade (Klein *et al.*, 2018).

Não houve efeito de épocas de plantio, nem interação entre épocas e cultivares para a composição química da silagem, à exceção do teor de proteína bruta que foi maior na primeira época de semeadura (Tabela 3). Houve efeito de cultivares para os teores de FDN, FDA, DIVMO e NDT, sendo que o milho transgênico apresentou menores teores

Tabela 1. Características morfológicas e produtivas de quatro cultivares (C) de milho para silagem cultivados em duas épocas de semeadura (E) no momento da ensilagem (estádio R4) e no período da colheita de grãos (R6) – Canoinhas, SC, 2022

Table 1. Morphological and productive characteristics of four cultivars (C) of corn for silage grown in two sowing dates (E) at the time of ensiling (stage R4) and at the grain harvest period (R6) – Canoinhas, SC, 2022

Variável	Época	Média dos cultivares				Média	CV	Efeito P>F		
		AG8690 (T)	SCS154 Fortuna	SCS155 Catarina	SCS156 Colorado			C	E	C x E
Estádio R4										
Altura de planta (m)	Set	2,35	2,34	2,47	2,34	2,37A	7,71	*	*	ns
	Out	2,39	2,64	2,82	2,68	2,63B				
Média		2,37 a	2,49 ab	2,64 b	2,51 ab					
Inserção espiga(m)	Set	1,18	1,27	1,39	1,18	1,25A	11,01	*	*	ns
	Out	1,12	1,35	1,47	1,50	1,36B				
Média		1,15 a	1,31 ab	1,43 b	1,34 ab					
Diâmetro colmo (cm)	Set	1,50a	1,65b	1,78bc	1,85c	1,69 B	4,37	*	*	*
	Out	1,45a	1,78c	1,63b	1,50a	1,58 A				
Média		1,48	1,71	1,71	1,66					
Peso verde por planta (kg)	Set	0,60b	0,62a	0,74b	0,77b	0,67B	7,3	*	*	*
	Out	0,77b	0,94a	0,90a	0,74b	0,84A				
Média		0,67	0,78	0,81	0,75					
Massa verde (t ha ⁻¹)	Set	32,3	38,7	31,6	32,3	33,5	6,45	*	ns	ns
	Out	33,5	36,9	35,1	33,1	34,7				
Média		32,9 b	37,8 a	33,4 b	32,2 b					
Estádio R6										
Peso 200 grãos (g)	Set	83,90a	84,50a	88,88a	73,75b	82,75B	3,26	*	*	ns
	Out	90,75b	96,6ab	97,38a	79,13c	90,72A				
Média		32,9 b	37,8 a	33,4 b	32,2 b					
Grãos (kg ha ⁻¹)	Set	7,8 b	8,1 b	9,5 a	7,5 b	8,2 B	5,78	*	*	*
	Out	9,1 ab	10,0 a	9,6 a	8,2 b	9,2 A				
Média		8,4	9,1	9,5	7,8					

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas entre cultivares dentro de cada época e maiúsculas entre épocas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. C.V.= coeficiente de variação. P>F = probabilidade do teste F. * = significativo a 5%; ns = não significativo

Means followed by equal letters, lowercase between cultivars within each season and capital letters between seasons, do not differ from each other using the Tukey test at 5% probability. C.V. = coefficient of variation. P>F = probability of the F test. * = significant at 5%; ns = not significant

de fibras e maior digestibilidade e NDT do que os cultivares VPA da Epagri, que foram muito semelhantes entre si.

Os teores de proteína bruta observados para os cultivares Fortuna e Catarina na primeira época estão de acordo com o observado em trabalhos que avaliam cultivares de milho para esse fim (Buso *et al.*, 2018; Daniel *et al.*, 2019; Faria *et al.*, 2020; Patzlaff *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2021;) e cujos resultados variam entre 8 e 12,5% de proteína bruta na massa seca da silagem, sendo que valores abaixo de 7% tendem a limitar o crescimento microbiano do rúmen, prejudicando a fermentação ruminal (Van Soest, 1994). A redução dos valores observados na segunda época de plantio, inclusive, para o transgênico e para os VPA Catarina e Fortuna, pode estar relacionada ao aumento na participação do colmo (Tabela 2), mas também à influência da estiagem a que os materiais foram submetidos (Figura 1).

A composição química da silagem de milho é influenciada por inúmeros fatores, como o cultivar, as práticas agronômicas, a época de semeadura, as condições climáticas, as condições da ensilagem, entre inúmeros outros (Oliveira *et al.*, 2017), sendo que há um esforço da indústria de sementes na busca de uma arquitetura de planta com maior fração de folhas e espigas na massa da silagem, e dessa forma, melhor composição química. Os resultados obtidos neste trabalho para os milhos VPA Fortuna e Catarina confirmam que eles apresentam composição química e características morfológicas interessantes para uso como milho para silagem, uma vez que teores aproximados de FDN (53%) e FDA (25%) são valores dentro do padrão para cultivares comerciais produzidos com esse fim (Oliveira *et al.*, 2017; Buso *et al.*, 2018; Patzlaff *et al.*, 2020).

De um modo geral a utilização dos milhos VPA SCS154 Fortuna e SCS155 Catarina para silagem é recomendável, uma vez que ambos apresentaram produtividade de silagem semelhante a um milho transgênico produzido para esse fim, com uma qualidade levemente

inferior, mas ainda assim dentro dos padrões recomendados para silagem de milho. O milho SCS156 Colorado também pode ser uma opção, mas seria necessário um melhor ajuste proteico na dieta, uma vez que os teores de proteína bruta na silagem desse cultivar estão abaixo do valor recomendado para uma dieta adequada.

Uma consideração importante na tomada de decisão para uso dos milhos VPA avaliados deve ser a análise do sistema produtivo adotado na propriedade. Para o sistema à base de pastagens perenes, preconizado pela Epagri, em que 70% da dieta é proveniente de pastagens de qualidade, o uso da silagem tem um peso muito menor na composição da dieta que em sistemas confinados, onde o fornecimento de nutrientes é proveniente em sua maioria de alimentos conservados. A análise deve ser feita levando-se em consideração o custo/benefício da quantidade de nutrientes por área de milho cultivada, o que é certamente um ponto muito positivo dos cultivares VPA avaliados.

Após a colheita, a produtividade de grãos apresentou efeito de cultivares, de épocas de plantio e da interação entre ambos, com maior produtividade na segunda época de plantio, com uma média de 154 sacas ha⁻¹ (Tabela 1). Em ambas as épocas, o milho SCS155 Catarina foi o mais produtivo, não diferindo do SCS154 Fortuna na semeadura de outubro, superando 160sc ha⁻¹ e confirmando o potencial produtivo desses materiais, acima da média estadual de 140sc ha⁻¹ (Epagri/Cepa, 2023).

Sem dúvida, trabalhos como esse são fundamentais para oportunizar a técnicos e produtores alternativas que contribuam para redução dos custos dos sistemas de produção, proporcionando competitividade à lavoura e ao mesmo tempo qualidade na produção de silagem. Por outro lado, seu uso implica maior planejamento de controle sanitário, especialmente no controle de lagartas, que neste experimento foi o fator que mais exigiu monitoramento e que deve ser considerado nos custos das lavouras.

Conclusão

A época de plantio influencia os indicadores morfológicos e produtivos dos milhos VPA SCS 154 Fortuna, SCS 155 Catarina e SCS 156 Colorado, em especial no incremento em altura no plantio mais tardio, mas não afeta sua composição química, à exceção do teor de proteína. De um modo geral, nas condições do Planalto Norte Catarinense, todos os cultivares de milho apresentaram características favoráveis ao processo de ensilagem.

Agradecimentos

Ao Colégio Agrícola Vidal Ramos e à família de Moacir e Elisete Bazzoni pela cessão das áreas e pela contribuição na discussão dos resultados.

Referências

- BALBINOT JUNIOR, A.A.; DA VEIGA, M.; BACKES, R.L. Aplicação de resíduo de reciclagem de papel em solo ácido: II – Produtividade das culturas de milho e soja e teores de metais pesados nos grãos. **Agropecuária Catarinense**, v.23, n.2, p.66-71, 2010. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/729/629>. Acesso em: 23/03/2024.
- BUSO, W.H.D.; MACHADO, A.S.; RIBEIRO, T.B.; SILVA, L.O. Produção e composição bromatológica da silagem de híbridos de milho sob duas alturas de corte. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.5, n.4, p.74-80, 2018 DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v5i4.2682>
- CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; CECON, P.R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1837-1856, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000700022>
- CASTILHOS, R. V., PARIZOTTO, C., BERMUDEZ, F., RIBEIRO, L. P., CANALE, M. C. Severity of corn stunt disease on maize genotypes in the midwest of the Brazilian state of Santa Catarina. **Revista**

Tabela 2 Participação percentual folhas, espiga e colmo com base na matéria seca, de quatro cultivares de milho em duas épocas de plantio (setembro e outubro), no estádio R4 em Canoinhas, SC, 2022

Table 2 Percentage participation of leaves, ears and stalks based on dry matter, of four corn cultivars in two planting seasons (September and October), at the R4 stadium in Canoinhas, SC, 2022

Variável ¹	Época	Cultivares de milho				Média	CV	Efeito P>F		
		AG8690 (T)	SCS154 Fortuna	SCS155 Catarina	SCS156 Colorado			C	E	C x E
% de folhas	Set	20	20	19	22	20	12,03	*	ns	ns
	Out	23	19	18	22	21				
Média		21 ab	20 ab	18 b	22 a					
% espiga	Set	35	32	38	33	35	10,29	*	ns	ns
	Out	42	32	38	37	37				
Média		39 a	32 b	38 a	35 ab					
% colmo	Set	40 b	44 a	41 b	42 b	42	6,06	*	ns	*
	Out	36 a	42ab	45 b	47 b	42				
Média		38	43	43	44					

¹Médias seguidas de letras iguais, minúsculas entre cultivares dentro de cada época e maiúsculas, entre épocas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. C.V.= coeficiente de variação. * = significativo a 5%; ns = não significativo

¹Means followed by equal letters, lowercase between cultivars within each season and capital letters between seasons, do not differ from each other using the Tukey test at 5% probability. C.V. = coefficient of variation. P>F = probability of the F test. * = significant at 5%; ns = not significant

Tabela 3. Composição química da silagem de quatro cultivares de milho cultivados em duas épocas de semeadura (setembro e outubro), em Canoinhas, SC, 2022

Table 3. Chemical composition of silage from four corn cultivars grown in two sowing seasons (September and October), in Canoinhas, SC, 2022

	AG8690 (T)	SCS154 Fortuna	SCS155 Catarina	SCS156 Colorado
Teor de MS (%) ¹	27,86 a	28,06 a	25,09 a	27,87 a
Teor de MO (%)	96,75 a	96,58 a	96,61 a	96,56 a
Fibra detergente Neutro (% MS)	46,41 a	52,45 b	54,22 b	50,89 ab
Fibra detergente ácido (% MS)	22,24 a	25,77 b	26,60 b	24,55 ab
Digestibilidade <i>in vitro</i> (% MO)	67,85 a	60,68 b	62,06 ab	60,68 b
Nutrientes digestíveis totais (%MO)	65,64 a	58,61 b	59,95 ab	58,60 b
pH	3,73 a	3,72 a	3,71 a	3,74 a
Teor de proteína bruta (%)				
Setembro	8,26 ab A	7,10 b A	9,50 a A	6,11 b A
Outubro	6,21 a B	6,96 a A	5,85 a B	6,23 a A

¹Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹Means followed by equal letters, lowercase in the rows and uppercase in the columns, do not differ from each other using the Tukey test at 5% probability.

- Brasileira de Milho e Sorgo**, v.21, e1278, 2022. DOI: <https://doi.org/10.18512/rbms2022v21e1278>
- DANIEL, J.L.P.; BERNARDES, T.F.; JOBIM, C.C.; SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. **Grass and Forage Science**, v.74, n.2, p.188-200, 2019. DOI:10.1111/gfs.12417
- DÁVALOS, E. D.; VOGT, G. A. Variedades de milho de polinização aberta SCS155 Catarina e SCS156 Colorado para a agricultura familiar. **Agropecuária Catarinense**, v.23, n.3, p.78-81, 2010. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/746>. Acesso em: 24/03/24.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M. M.; AZEVÊDO, J. A. G. (Eds.) **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 214p., 2012.
- EPAGRI/CEPA **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina**. v.1 1976 - Florianópolis: Epagri/Cepa, 2023 - Anual. Disponível em: <https://cepa.epagri.sc.gov.br/index.php/produtos/acompanhamento-de-safras/>
- FERREIRA, G.D.G.; EMILE, JC; BARRIÈRE, Y.; CABREIRA JOBIM, C. Caracterização morfoanatômica do colmo de híbridos de milho para avaliar a qualidade de silagem. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v.29, n.3, p.249-254 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3031/303126488014.pdf>. Acesso em: 25/03/24.
- HANISCH, A. L.; FONSECA, J. A.; Balbinot JR, A. A.; Spagnollo, E. Efeito de pó de basalto no solo e em culturas anuais durante quatro safras, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, n.1, p.100-107, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/2815>. Acesso em: 05/04/24.
- HANISCH, A.L.; FONSECA, J.A.; Vogt, G.A. Aducação do milho em um sistema de produção de base agroecológica: desempenho da cultura e fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.7, n.1, p.176-186, 2012. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rbagroecologia/article/view/49314>. Acesso em:29/03/24.
- IBGE. **Produção Agrícola Municipal 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/pesquisa/14/10193>
- JOCHIMS, F., Silva, A.W.L. Adoção de tecnologias e práticas produtivas em propriedades leiteiras atendidas pela Epagri na macrorregião Oeste de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v.32, n.1, p.16–18, 2019. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/435>. Acesso em:06/04/24.
- MENDES, M.C.; GABRIEL, A.; Faria, M.V.; ROSSI, E.S.; POSSATO JR, O. Época de semeadura de híbridos de milho forrageiro colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.9, n.2, p.136-142, 2015. DOI: <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i2.2316>
- DE OLIVEIRA, I.L.; LIMA, L. M.; CASAGRANDE, D.R.; LARA, M.A.S. AND BERNARDES, T.F. Nutritive value of corn silage from intensive dairy farms in Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.46, n.6, p.494-501, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000600004>
- PANDOLFO, C.M., VOGT, G.A., BALBINOT JR, A.A., GALLOTTI, G.J.M., & ZOLDAN, S.R. Desempenho de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* associado a doses de nitrogênio em cobertura. **Agropecuária Catarinense**, v.27, n.3, p.94–99, 2014. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/567>. Acesso em:23/03/24.
- PATZLAFF, N.L.; MARTINS, C.E.N.; ARBOITTE, M.Z.; HÖFS, A. Variedades de milho com polinização aberta da Epagri sob efeito do espaçamento entre linhas. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.2, p.5750-5766, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-032>
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.
- SCHERER, E. E.; SPAGNOLLO, E. Propriedades químicas do solo e produtividade de milho e feijão no sistema orgânico com uso de diferentes fontes de adubo. **Agropecuária Catarinense**, v.27, n.1, p.80–85, 2014. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/587>. Acesso em:06/04/24.
- SCHERER, E.E. Efeito de fontes orgânicas e mineral de nitrogênio sobre produção de milho e propriedades químicas do solo sob sistema plantio direto. **Agropecuária Catarinense**, v.24, n.1, p.71–76, 2011. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/681>. Acesso em:13/04/24.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 235 p., 2009.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p
- Vogt, G.A., BALBINOT JR, A. A.; BACKES, R. L. Estabilidade e adaptabilidade de variedades de polinização aberta de milho em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v.24, n.1, p.77–82, 2011. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/682>. Acesso em:11/04/24.
- WORDELL FILHO, J.A.; ALVES, A.C., CANCI, A. Resistência de cultivares de milho (*Zea mays* L.) à antracnose foliar no estágio de plântula. **Agropecuária Catarinense**, v.23, n.1, p.53-57, 2010. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/714>. Acesso em:13/04/24.
- WORDELL, J.A.; CASA, R.T.; KUHNEM JR, P.R. Incidência de podridões do colmo e de grãos ardidos em cultivares de milho. **Agropecuária Catarinense**, v.24, n.3, p.69–74, 2011. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/704>. Acesso em:03/04/24.

Padrão do escurecimento da polpa de novos cultivares de maçã para utilização em alimentos minimamente processados

Cristhian Leonardo Fenili¹, Cristiano André Steffens², Mariuccia Schlichting De Martin³, Adriana Lugaresi⁴, Eduardo da Silva Daniel⁵ e Tiago Miqueloto⁶

Resumo – Este trabalho tem como objetivo avaliar o escurecimento e a mudança total de cor da polpa de diferentes cultivares de maçã através de parâmetros colorimétricos, a fim de identificar aqueles com mínima ocorrência destes fenômenos e potencial para o processamento mínimo. Maçãs dos cultivares Daiane, Elenise, Fuji Mishima, Kinkas, Luiza, Monalisa, Maxi Gala e Venice, provenientes de pomares experimentais de São Joaquim, SC, safra 2018/2019, foram avaliadas em relação à atributos de cor relacionados ao escurecimento da polpa. As maçãs foram cortadas ao meio e dispostas em condições de ambiente. Após o corte, foram realizadas leituras de atributos de cor na polpa dos frutos, utilizando um colorímetro CR 400 (Konica Minolta®), em 14 intervalos de tempo, de 10 a 2.880 minutos. Através dos parâmetros coletados pelo colorímetro (L^* , a^* e b^*), foram avaliados a luminosidade da polpa, o índice de escurecimento e a mudança total de cor. As maçãs ‘Fuji Mishima’, ‘Elenise’ e especialmente ‘Venice’ apresentaram menor escurecimento da polpa em comparação aos demais cultivares avaliados. Esses resultados indicam que possivelmente esses cultivares têm maior potencial para a utilização na indústria de processamento mínimo devido ao menor escurecimento e mudança de cor na polpa dos frutos.

Termos para indexação: *Malus domestica* Borkh; Escurecimento enzimático; Mudança total de cor.

Flesh browning pattern of new apple cultivars for use in minimally processed foods

Abstract – This study aimed to evaluate the browning and the total color change of the apple flesh of different apple cultivars through colorimetric parameters, to identify those with minimal occurrence of these phenomena and potential for minimal processing. Apples from the cultivars Daiane, Elenise, Fuji Mishima, Kinkas, Luiza, Monalisa, Maxi Gala and Venice were evaluated for color attributes related to flesh browning. The apples were cut in half and placed under ambient conditions. After cutting, color attributes were read on the fruit flesh, using a CR 400 colorimeter (Konica Minolta®), at 14-time intervals, from 10 to 2880 minutes. Through the parameters collected by the colorimeter (L^* , a^* and b^*), the flesh luminosity, the browning index and the total color change were evaluated. ‘Fuji Mishima’, ‘Elenise’ and especially ‘Venice’ apples show less flesh browning than the other cultivars evaluated. These results indicate that these cultivars may have greater potential for use in the minimal processing industry due to less browning and color change in the fruit flesh.

Index terms: *Malus domestica* Borkh; Enzymatic browning; Full color change.

Introdução

A maçã (*Malus domestica* Borkh) é o fruto de clima temperado de maior dispersão, comercialização e consumo como fruta fresca no mundo. No Brasil, o agronegócio da macieira tem um histórico importante de organização e planejamento, mas precisa de inovações para o fortalecimento da cadeia e o aumento no consumo do fruto. A produção brasileira foi

crescendo conjuntamente à demanda interna, sendo a terceira fruta mais consumida (Cruz *et al.*, 2015). Contudo, considerando a população do país e o consumo *per capita* de outros países, o volume consumido ainda é baixo.

A indústria de processamento mínimo da maçã tem grande potencial e pode aumentar o consumo de maçã. Nos EUA, as maçãs minimamente processadas emergiram como lanche popular nos programas de merenda

escolar e consumo familiar. Dessa forma, a tendência é que este mercado continue crescendo à medida que mais consumidores exigem um lanche rápido, conveniente, seguro, saudável e nutritivo (Subhashree *et al.*, 2017). O aumento na produção e no consumo de frutas minimamente processadas ocorre pelo estilo de vida dos consumidores modernos aliado à maior procura por produtos *in natura* e seus benefícios, reduzindo o consumo de alimentos

Recebido em 02/09/2024. Aceito para publicação em 29/10/2024.

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i3.1898>

Editora de seção: Cristiane de Lima Wesp

¹ Engenheiro-agrônomo, Dr., Senar/Sindicato Rural de Itaiópolis, Av. Getúlio Vargas, 350, Centro, 89340-000 Itaiópolis, SC, e-mail: cristhianfenili@hotmail.com

² Engenheiro-agrônomo, Dr., Udesc/Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), Av. Luis de Camões, 2090, Conta Dinheiro, 88520-000 Lages, SC, e-mail: cristiano.steffens@udesc.br

³ Engenheira-agrônoma, Dra., Epagri/Estação Experimental de São Joaquim (EESJ), R. João Araújo Lima, 102, Jardim Caiçara, 88600-000 São Joaquim, SC, e-mail: mariucciamartin@epagri.sc.gov.br

⁴ Engenheira-agrônoma, M.Sc., Udesc/CAV, e-mail: adrianalugaresi@yahoo.com.br

⁵ Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/EESJ, e-mail: eduardodaniel@epagri.sc.gov.br

⁶ Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/EESJ, e-mail: tiagomiqueloto@epagri.sc.gov.br

industrializados e o desperdício de alimentos frescos.

O principal problema dos vegetais minimamente processados é o escurecimento enzimático. A maçã é altamente suscetível a este fenômeno devido à sua estrutura e composição fenólica. Em sua composição existem enzimas e substratos específicos para a ação oxidativa (Moreno *et al.*, 2016). A intensidade do escurecimento depende da complexa interação entre atividade da enzima polifenoloxidase (PPO), presença do oxigênio molecular (O₂) e concentração dos compostos fenólicos que são os substratos da mesma (Jiang *et al.*, 2016). O corte do fruto durante o processamento mínimo possibilita o contato entre a enzima e substrato, de forma que a intensidade e a velocidade do escurecimento da polpa tornam-se dependentes do conteúdo de compostos fenólicos, atividade da enzima PPO e a natural capacidade antioxidante do fruto. Segundo Tappi *et al.*, (2019), existe uma variação significativa na atividade da polifenoloxidase em diferentes cultivares. Além disso, a capacidade antioxidante e os compostos fenólicos também apresentam grande variação entre cultivares (Stanger *et al.*, 2017).

O Brasil não possui uma indústria estabelecida de maçã minimamente processada e as pesquisas nesta área são muito escassas. Dentre os inúmeros desafios destaca-se a necessidade de encontrar cultivares apropriados em termos de qualidade e tempo de vida de prateleira potencial, uma vez que o cultivar é um dos principais fatores que exercem influência sobre o escurecimento enzimático (Tappi *et al.*, 2019). Os cultivares Gala e Fuji, que correspondem a mais de 90% da produção nacional (Kist, 2019), são bastante suscetíveis ao escurecimento enzimático logo após o corte da polpa (Bertrand *et al.*, 2015; Tappi *et al.*, 2019).

Nos EUA, foram desenvolvidos estudos de modificação genética em cultivares de macieira com intuito de usá-los para o processamento mínimo (Maxmen, 2017). O Brasil não produz maçãs exclusivamente de uso industrial, porém a pesquisa nacional obteve avanços agrônômicos na adaptação de macieiras a condições climáticas e com

menor suscetibilidade a fitopatógenos (De Martin *et al.*, 2018; Denardi *et al.*, 2020). O melhoramento também permitiu o surgimento de maçãs com escurecimento enzimático tardio ou ausente, possibilitando à polpa do fruto permanecer inalterada em relação à cor, durante horas, mesmo com estresses mecânicos durante o processamento (Carlesso *et al.*, 2022; Ercoli *et al.*, 2017; Denardi *et al.*, 2020). Assim, frutos com menor taxa ou ausência de escurecimento enzimático podem ser opções em potencial às indústrias de produtos minimamente processados, gerando um apelo sensorial com a cor quase inalterada.

Este trabalho objetivou avaliar o escurecimento e a mudança total de cor da polpa de diferentes cultivares de maçã através de parâmetros colorimétricos, a fim de identificar aqueles com mínima ocorrência destes fenômenos e potencial para o processamento mínimo.

Material e métodos

Maçãs dos cultivares Daiane, Elenise, Fuji Mishima, Kinkas, Luiza, Monalisa, Maxi Gala e Venice foram colhidas de pomares experimentais localizados em São Joaquim, SC, durante a safra 2018/2019. Em seguida, foi efetuada padronização de calibre e eliminação de frutos que apresentavam podridões, lesões ou defeitos.

Após a colheita, os frutos foram imediatamente levados ao laboratório para avaliação dos atributos de cor relacionados ao escurecimento da polpa. As maçãs foram cortadas ao meio, na porção equatorial, e dispostas em bandejas de papelão em condições ambiente (23±2°C de temperatura; 75±5% de umidade relativa - UR). Os frutos foram mantidos em condição de ambiente para induzir o escurecimento da polpa e averiguar o padrão de escurecimento dos cultivares, sem considerar que, após o processamento mínimo, devem ficar sob refrigeração.

Imediatamente após a colheita, foi realizada uma caracterização inicial para determinação dos atributos de maturação dos frutos utilizando, para tanto, três repetições compostas por

dez frutos. O índice de iodo-amido foi determinado por meio da comparação do escurecimento da metade peduncular dos frutos tratados com solução de iodo, com uma escala de 1 a 10, onde o índice 1 indica o teor máximo de amido (fruto imaturo) e o índice 10 representa o amido totalmente hidrolisado (fruto completamente maduro). A firmeza de polpa (N) foi determinada na região equatorial dos frutos, em pontos opostos, após a remoção de uma pequena porção da epiderme, com auxílio de um penetrômetro eletrônico (GÜSS Manufacturing Ltd, Cidade do Cabo, África do Sul), equipado com ponteira de 11,0mm de diâmetro. Os valores de acidez titulável (% ácido málico) foram obtidos em amostra de 5mL de suco extraída de fatias dos frutos. Esta amostra foi titulada com solução de NaOH 0,1N, utilizando o indicador ácido-base azul de bromotimol. Os teores de sólidos solúveis (°Brix) foram determinados em um refratômetro digital modelo PR201α (Atago®, Tóquio, Japão), utilizando alíquota do suco obtido para a quantificação da AT. Os dados da caracterização inicial são apresentados na Tabela 1.

Para avaliação dos atributos de cor relacionados ao escurecimento da polpa as maçãs foram cortadas ao meio, na porção equatorial, e dispostas em bandejas de papelão em condição de ambiente (23±2°C de temperatura; 75±5% de umidade relativa - UR). Os cortes foram realizados de forma manual, com lâminas cortantes. Os frutos foram mantidos em condições ambiente para induzir o escurecimento da polpa e averiguar o padrão de escurecimento dos cultivares, sem considerar que, após o processamento mínimo, devem ficar sob refrigeração.

Após o corte, foram realizadas duas leituras de atributos de cor em regiões opostas da polpa dos frutos, utilizando um colorímetro CR 400 (Konica Minolta®, Tóquio, Japão), em 14 intervalos de tempo (0, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 180, 240, 360, 600, 1080, 1560 e 2880 minutos). Através dos parâmetros L^* , que determina a luminosidade, a^* , que determina as coordenadas de verde a vermelho e b^* , que determina as coordenadas de azul a amarelo, coletados pelo colorímetro,

Tabela 1. Firmeza de polpa (FP), teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e índice de iodo-amido (IA) em maçãs de oito cultivares na colheita, safra 2018/2019

Table 1. Flesh firmness (FP), soluble solids content (SS), titratable acidity (AT) and starch index (IA) of eight apple cultivars at harvest, 2018/2019 season

Cultivar	Data colheita	FP (N)	SS (°Brix)	AT (% ac. málico)	IA (1-10)
Monalisa	05/02	91,5	11,9	0,77	4,9
Luiza	13/02	88,3	11,4	0,43	5,8
Maxi Gala	18/02	74,2	10,7	0,39	7,2
Venice	15/03	81,9	13,0	0,50	6,9
Daiane	18/03	75,0	11,7	0,46	8,8
Fuji Mishima	18/03	75,2	12,5	0,44	7,7
Kinkas	26/04	75,9	12,7	0,49	7,1
Elenise	26/04	71,3	13,9	0,71	7,9

foram avaliados a luminosidade da polpa (*Lightness*; L^*), o índice de escurecimento (IE) e a mudança total de cor (E). O IE e E foram obtidos por meio das respectivas equações apresentadas abaixo, conforme Subhashree *et al.* (2017):

$$IE = \frac{100 \left[\left(\frac{a + 1,75L}{5,635L + a - 3,012b} \right) - 0,31 \right]}{0,17}$$

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L^*0)^2 + (a^* + a^*0)^2 + (b^* + b^*0)^2}$$

A intensidade de escurecimento após o corte das maçãs é representada pelo índice de escurecimento, sendo que, quanto maior o valor do índice, mais intenso é o escurecimento. Os valores de ΔE indicam o quanto a amostra se distanciou do padrão. Quanto mais perto de 0, mais próximo do padrão selecionado. Cada cultivar apresenta tonalidade e luminosidade de polpa específicas; alguns são naturalmente mais claros que outros. Para eliminar a heterogeneidade entre as amostras e avaliar apenas o escurecimento ocorrido após o corte dos frutos, o índice de escurecimento foi normalizado, utilizando o parâmetro inicial como divisor comum, conforme a equação: $IE_{[0; 10; 20; (...); 2880]} / IE_{[0]}$ (Niamnuy *et al.*, 2008; Subhashree *et al.*, 2017).

Este experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, composto por 5 repetições de 10 frutos, seguindo um esquema fatorial “cultivar” (8) x “intervalo de leitura” (14), após

a realização do corte dos frutos. As pressuposições de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias foram avaliadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Os dados foram então submetidos à análise da variância e, quando a interação entre os fatores foi significativa ($p < 0,05$), foi realizado o desdobramento dos efeitos. Para o fator “cultivar” foi realizado o teste de comparação de médias Scott-Knott, enquanto para o fator “intervalo de leitura” foi realizada a análise de regressão.

Resultados e discussão

Os fatores “cultivar” e “intervalo de leitura” apresentaram interação significativa em todas as variáveis analisadas. A redução máxima da luminosidade, o máximo escurecimento e a mudança total de cor na polpa das maçãs variaram em tempo e intensidade, dependendo dos cultivares avaliados. Contudo, substanciais alterações ocorreram, em média, nos primeiros 50 minutos de exposição à temperatura ambiente, após o corte dos frutos (Figuras 1, 2 e 3). As alterações de cor, decorrentes do dano mecânico sofrido pelo tecido das maçãs após o corte, aparecem em alguns minutos e, para Oyarzún *et al.* (2018), com uma manifestação máxima até 1h depois do corte. Portanto, considerando o processo na indústria de produtos minimamente processados, para reduzir essas alterações, frutos recém-cortados devem ser armazenados

em temperaturas próximas a 0°C e a manipulação deve ocorrer sob baixas temperaturas. Entre 0°C a 4°C a atividade da PPO tende a diminuir, reduzindo o escurecimento da polpa dos frutos (Tomás-Barberán; Espin, 2001).

Imediatamente após o corte dos frutos, verificou-se que a luminosidade da polpa (valor L^*) no cultivar Maxi Gala é naturalmente mais elevada, seguida pelos cultivares Monalisa, Daiane, Kinkas e Luiza (Tabela 2). Sendo assim, a redução deste atributo tende a ser mais abrupta nesses cultivares após o corte dos frutos e conseqüentemente ser percebida visualmente com mais facilidade em relação aos demais. O cultivar Fuji Mishima é o que possui a polpa com menor luminosidade, seguido pelos cultivares Elenise e Venice, ou seja, são os cultivares com menor propensão a grandes alterações na luminosidade da polpa após o corte dos frutos.

Foi possível verificar diferenças na luminosidade da polpa entre os cultivares aos 10 minutos após o corte. A maçã ‘Maxi Gala’ apresentou a maior redução, seguida por ‘Monalisa’, ‘Fuji Mishima’ e ‘Kinkas’, enquanto os demais cultivares tiveram menor redução, sem diferir entre si. Embora haja diferenças intrínsecas de luminosidade e tonalidade da polpa entre os cultivares, alguns deles mantêm os atributos visuais muito próximos do natural, mesmo minutos após o corte da polpa e o início das reações de oxidação.

Após 60 minutos do corte dos frutos, ‘Maxi Gala’ seguiu como o cultivar com maior redução da luminosidade, em média 47% superior aos demais, seguido pelos cultivares Kinkas, Monalisa, Luiza, Fuji Mishima e Daiane (Tabela 2). O cultivar Venice foi o que apresentou menor redução da luminosidade. Na avaliação realizada 240 minutos após o corte, o cultivar Maxi Gala, seguido dos cultivares Monalisa e Kinkas foram os que apresentaram maior redução da luminosidade. Após 600 minutos, ‘Maxi Gala’ e ‘Monalisa’ apresentaram maior redução da luminosidade, enquanto ‘Fuji Mishima’ não diferiu de ‘Venice’, como os cultivares com menor redução da luminosidade da polpa. Após 2.880 minutos do corte das maçãs, os

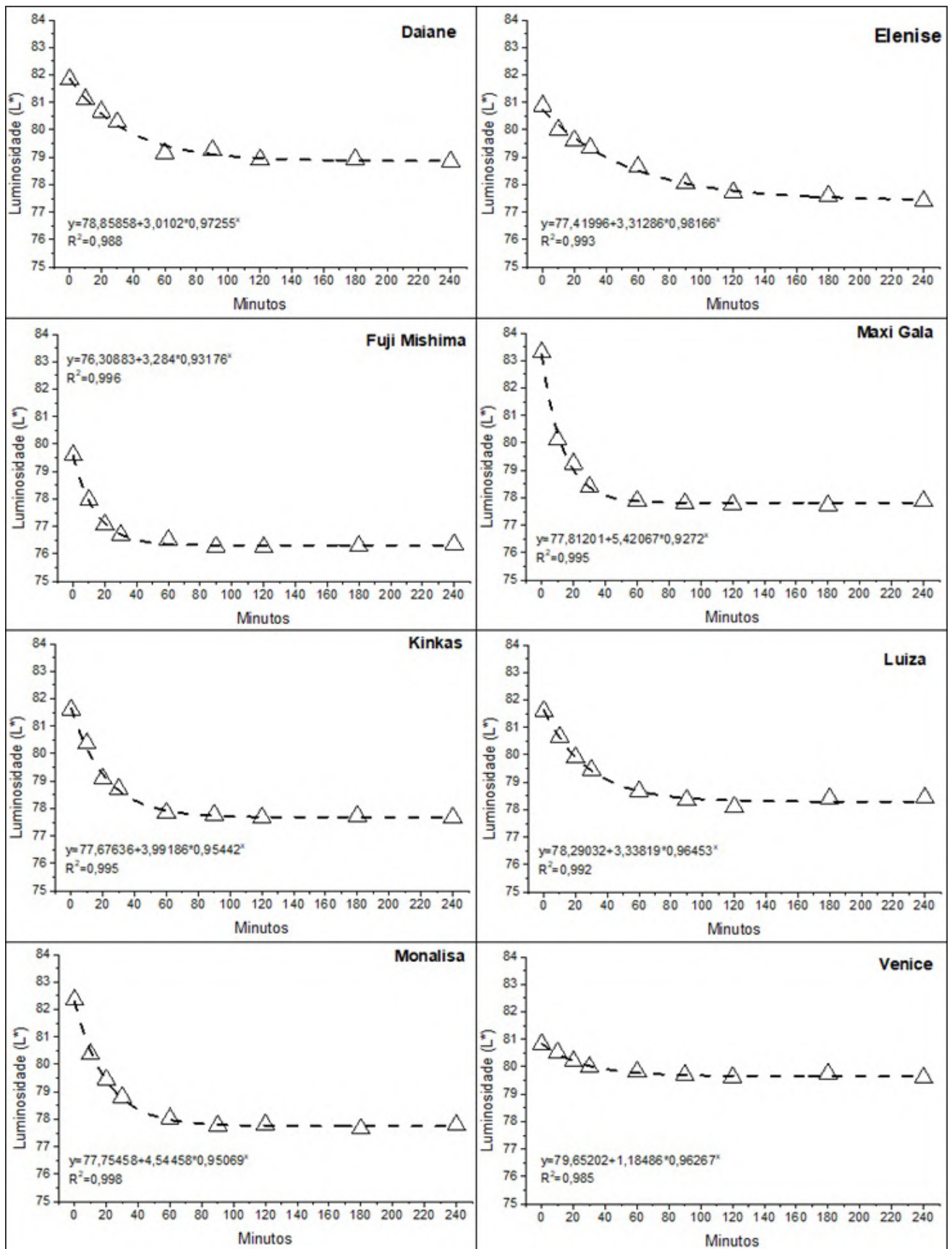


Figura 1. Variação da luminosidade (L*) na polpa de oito cultivares de maçã em função do tempo após o corte dos frutos na região equatorial, durante 240 minutos de exposição em condições ambiente (23±2°C; 75±5% UR), na safra 2018/2019
 Figure 1. Variation in luminosity (L*) on the flesh of eight apple cultivars as a function of time after cutting the fruits in the equatorial region, during 240 minutes of exposure under ambient conditions (23±2°C; 75±5% RH), 2018/2019 season

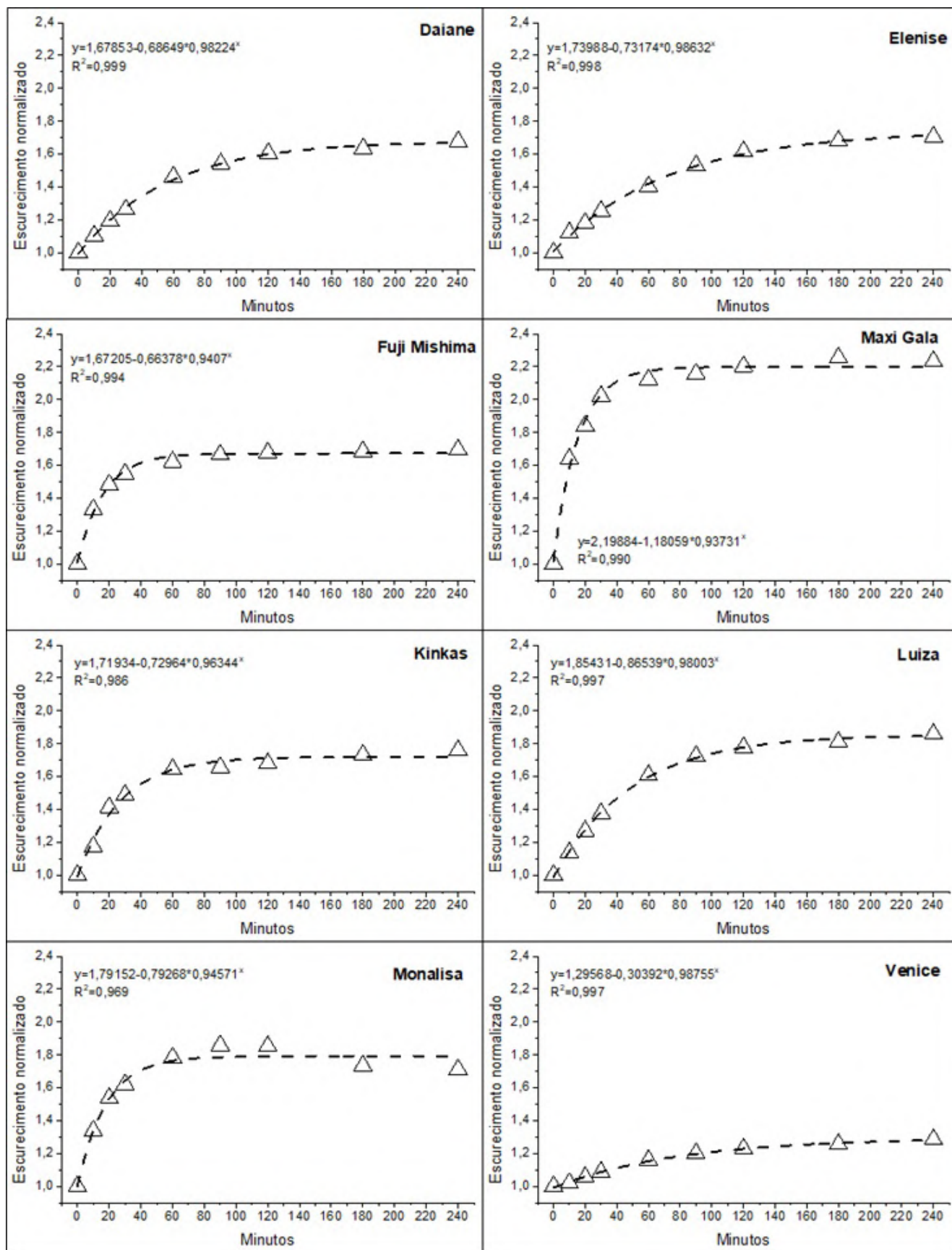


Figura 2. Variação do escurecimento normalizado na polpa de oito cultivares de maçãs em função do tempo após o corte dos frutos na região equatorial, durante 240 minutos de exposição em condições ambiente ($23 \pm 2^\circ\text{C}$; UR de $75 \pm 5\%$), na safra 2018/2019
 Figure 2. Variation in normalized browning on the flesh of eight apple cultivars as a function of time after cutting the fruits in the equatorial region, during 240 minutes of exposure under ambient conditions ($23 \pm 2^\circ\text{C}$; $75 \pm 5\%$ of RH), 2018/2019 season

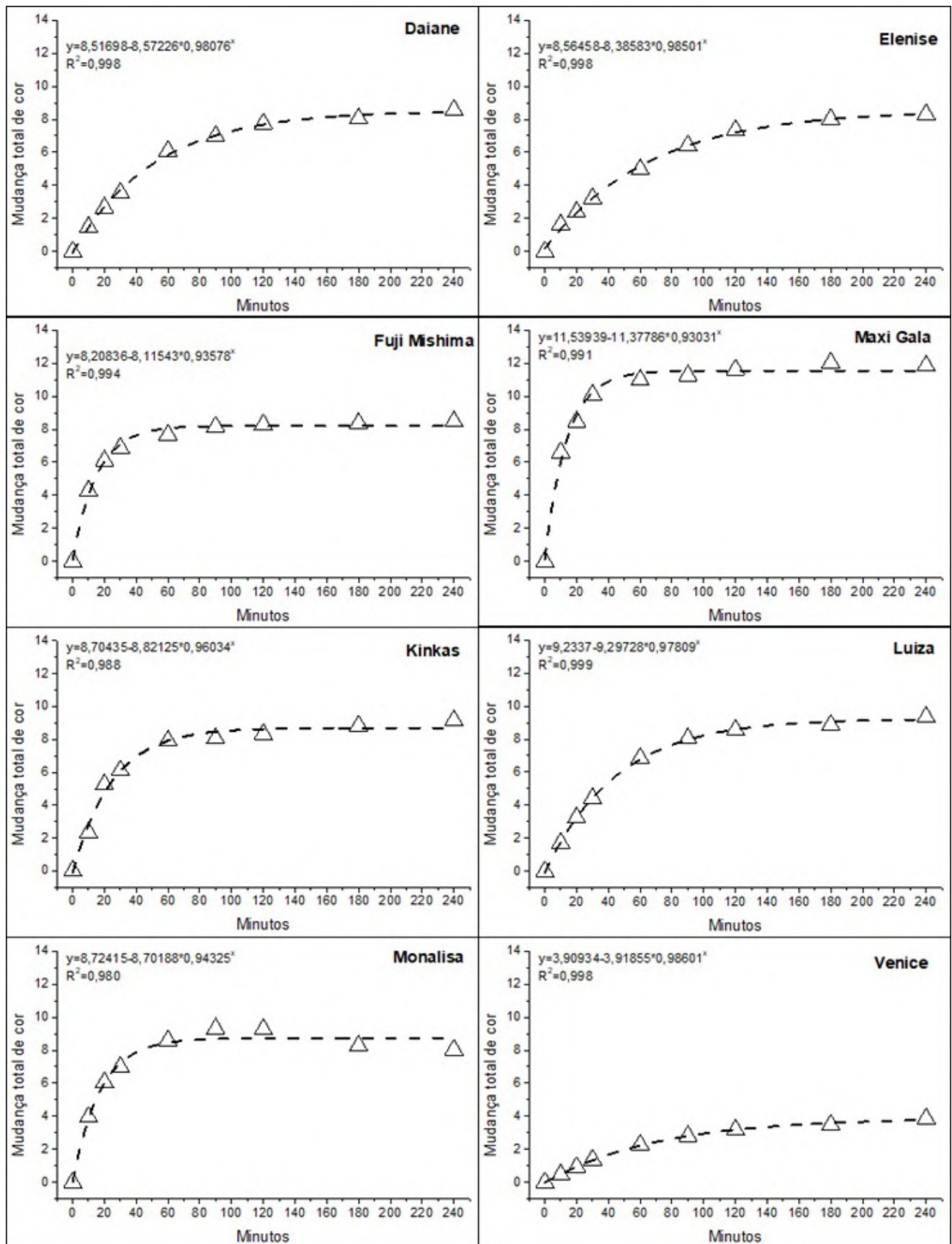


Figura 3. Variação da mudança total de cor na polpa de oito cultivares de maçãs em função do tempo após o corte dos frutos na região equatorial, durante 240 minutos de exposição em condições ambiente (23±2°C; UR de 75±5%), na safra 2018/2019
 Figure 3. Variation in the total color change on the flesh of eight apple cultivars as a function of time after cutting the fruits in the equatorial region, during 240 minutes of exposure under ambient conditions (23±2°C; 75±5% of RH), 2018/2019 season

Tabela 2. Luminosidade na polpa imediatamente após o corte (LP) e redução da luminosidade, em unidades de *lightness*, de oito cultivares de maçã em função do tempo após o corte dos frutos, na região equatorial e exposição em condições ambientes (23±2°C; 75±5% de UR), na safra 2018/2019

Table 2. Luminosity on the flesh immediately after cutting (PL) and reduction in luminosity, in *lightness* units, of eight apple cultivars as a function of time after cutting the fruits, in the equatorial region and exposure in ambient conditions (23±2°C; 75±5% of RH), 2018/2019 season

Cultivar	LP	Redução de luminosidade (L*)				
		10	60	240	600	2880
min						
Daiane	81,8 c	0,7 d	2,7 c	3,0 d	4,3 b	4,8 c
Elenise	80,9 d	0,9 d	2,2 d	3,5 d	3,9 b	5,3 c
Fuji Mishima	79,6 e	1,6 c	3,1 c	3,2 d	3,3 c	5,0 c
Maxi Gala	83,3 a	3,2 a	5,4 a	5,4 a	5,2 a	7,5 a
Kinkas	81,6 c	1,2 c	3,8 b	3,9 c	4,2 b	7,5 a
Luiza	81,6 c	0,9 d	2,9 c	3,2 d	4,3 b	6,6 b
Monalisa	82,3 b	2,0 b	4,3 b	4,6 b	4,9 a	7,2 a
Venice	80,8 d	0,3 d	1,0 e	1,2 e	2,7 c	1,0 d
CV (%)	0,6	30,4	12,0	12,5	11,6	17,7

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Means followed by the same letter in the columns do not differ from each other using the Scott-Knott test at 5% probability.

cultivares Maxi Gala, Kinkas e Monalisa apresentaram as maiores reduções de luminosidade na polpa sem diferenças entre si, seguidas pelo cultivar Luiza. O cultivar Venice foi o que apresentou menor redução da luminosidade na polpa durante todo o período de avaliação, até 2.880 minutos após o corte.

Os consumidores julgam a qualidade de frutos minimamente processados com base na sua aparência. O atributo “luminosidade” é considerado um dos principais parâmetros de qualidade visual da polpa de frutos: quanto maior os valores de *L**, maior a aceitabilidade dos consumidores (Rocha; Morais, 2003), porque a polpa não está escura. Segundo Son, Moon e Lee (2011), o armazenamento sob baixa temperatura contribui para retardar a perda de luminosidade em maçãs minimamente processadas.

A compreensão dos detalhes que envolvem o processo do escurecimento enzimático em diferentes cultivares é necessária para que seu controle possa ser realizado. Para Kumar *et al.* (2012), apesar dos muitos esforços realizados com a utilização de tratamentos físicos que permitam a inibição da atividade enzimática da PPO, sem a adição de agentes químicos, estes não são suficientemente eficientes.

Em relação ao escurecimento da polpa, o destaque negativo foi o cultivar Maxi Gala, com valores variando, em média, entre 30 e 40% a mais que os outros cultivares, desde os 10 minutos até 2.880 minutos após o corte dos frutos (Tabela 3). O escurecimento da polpa em maçãs ocorre devido a reações químicas catalisadas principalmente pela enzima PPO. O papel da PPO, na reação de escurecimento enzimático, é oxidar fenóis em quinonas (Cortellino *et al.*, 2015). As reações subsequentes levam a polimerização de quinonas em pigmentos marrons.

Aos 10 minutos após o corte, os cultivares Fuji Mishima e Monalisa também apresentaram escurecimento de polpa superior aos demais, porém, inferior ao ‘Maxi Gala’. Após 60 minutos do corte, o cultivar Venice já apresentava o menor escurecimento entre todos os cultivares, e manteve-se como o cultivar com menor escurecimento até 2.880 minutos após a realização do corte, com valores médios de 40% a menos de escurecimento. Na avaliação realizada após 60 minutos do corte, ‘Daiane’ e ‘Elenise’ também apresentaram um baixo escurecimento, superior apenas ao cultivar Venice, enquanto ‘Monalisa’ apresentou alto escurecimento, inferior apenas ao cultivar Maxi Gala. Com 240 e 600 minutos do corte, ‘Luiza’

apresentou escurecimento superior aos demais e inferior ao cultivar Maxi Gala. Após 2.880 minutos do corte, o cultivar Luiza seguiu como o segundo cultivar com maior escurecimento, e o cultivar Fuji Mishima, o segundo com menor escurecimento.

Os cultivares Venice e Maxi Gala foram os destaques positivo e negativo na mudança total de cor, com a menor e maior alteração, respectivamente, durante todo o período avaliado (Tabela 4). A oxidação causada pela atividade enzimática, além de alterar a cor da polpa das maçãs, também pode resultar em perda de qualidade nutricional e proporcionar modificações de sabor (Carvalho *et al.*, 2010). Segundo Son, Moon e Lee (2001), a intensidade da cor marrom, resultante da atividade da PPO, depende do perfil de compostos fenólicos no tecido.

A mudança de cor na polpa das maçãs foi mais elevada no cultivar Maxi Gala, em todas as avaliações realizadas, e no cultivar Luiza, aos 2.880 minutos após o corte. ‘Venice’ apresentou, em todas as avaliações, menor mudança total de cor, sendo que aos 2.880 minutos após o corte dos frutos os resultados foram similares aos do cultivar Maxi Gala aos 10 minutos após o corte. Aos 10 minutos após o corte, os cultivares Fuji Mishima e Monalisa apresentaram mudança total de cor inferior apenas ao cultivar Maxi Gala, e superior aos demais. Em 60 minutos após o corte, ‘Kinkas’ e ‘Fuji Mishima’ apresentaram mudança total de cor inferior apenas ao cultivar Maxi Gala, seguidos pelo cultivar Luiza. ‘Elenise’ apresentou mudança total de cor superior apenas ao cultivar Venice. Em 240 minutos após o corte dos frutos, os cultivares Maxi Gala e Venice apresentaram maior e menor mudança total de cor, respectivamente, enquanto os demais cultivares apresentaram resultados intermediários sem diferirem entre si. Em 600 minutos após o corte, o cultivar Luiza apresentou mudança total de cor inferior apenas ao ‘Maxi Gala’ e superior aos demais. Após 2.880 minutos do corte dos frutos, ‘Luiza’ e ‘Maxi Gala’ apresentaram maior mudança total de cor, sem diferirem entre si, seguidos do cultivar Kinkas, enquanto ‘Venice’ apresentou, dentre todos, a menor mudança de coloração.

Tabela 3. Escurecimento normalizado na polpa de oito cultivares de macieira em função do tempo após o corte dos frutos na região equatorial e exposição em condições ambiente ($23\pm 2^{\circ}\text{C}$; UR de $75\pm 5\%$), na safra 2018/2019

Table 3. Normalized darkening on the flesh of eight apple cultivars as a function of time after cutting the fruits in the equatorial region and exposing them to ambient conditions ($23\pm 2^{\circ}\text{C}$; $75\pm 5\%$ of RH), 2018/2019 season

Cultivar	Tempo após o corte dos frutos (min)				
	10	60	240	600	2880
Daiane	1,10 c	1,46 d	1,68 c	1,71 c	2,04 c
Elenise	1,12 c	1,40 d	1,71 c	1,79 c	2,05 c
Fuji Mishima	1,33 b	1,62 c	1,69 c	1,70 c	1,85 d
Maxi Gala	1,64 a	2,12 a	2,23 a	2,29 a	2,67 a
Kinkas	1,17 c	1,64 c	1,76 c	1,80 c	2,15 c
Luiza	1,14 c	1,61 c	1,86 b	1,99 b	2,43 b
Monalisa	1,34 b	1,78 b	1,71 c	1,78 c	2,08 c
Venice	1,02 c	1,16 e	1,29 d	1,35 d	1,50 e
CV (%)	6,7	5,7	6,1	6,5	7,3

Nota: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Means followed by the same letter in the columns do not differ from each other using the Scott-Knott test at 5% probability.

Tabela 4. Mudança total de cor na polpa de oito cultivares de macieira em função do tempo) após o corte dos frutos na região equatorial e exposição em condições ambiente ($23\pm 2^{\circ}\text{C}$; UR de $75\pm 5\%$), na safra 2018/2019

Table 4. Total color change on the flesh of eight apple cultivars as a function of time after cutting the fruits in the equatorial region and exposing them to ambient conditions ($23\pm 2^{\circ}\text{C}$; $75\pm 5\%$ of RH), 2018/2019 season

Cultivar	Tempo após o corte dos frutos (min)				
	10	60	240	600	2880
Daiane	1,5 c	6,1 d	8,6 b	9,0 c	12,4 c
Elenise	1,6 c	5,0 e	8,3 b	9,2 c	11,8 c
Fuji Mishima	4,3 b	7,7 b	8,5 b	8,5 c	10,4 d
Maxi Gala	6,6 a	11,0 a	11,8 a	12,2 a	15,2 a
Kinkas	2,3 c	7,9 b	9,2 b	9,6 c	13,3 b
Luiza	1,7 c	6,9 c	9,3 b	10,6 b	14,5 a
Monalisa	4,0 b	8,6 b	8,0 b	8,7 c	11,9 c
Venice	0,5 d	2,3 f	3,9 c	4,9 d	6,7 e
CV (%)	28,8	10,6	9,8	9,5	8,9

Nota: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Means followed by the same letter in the columns do not differ from each other using the Scott-Knott test at 5% probability.

Os resultados de luminosidade, escurecimento e mudança total de cor na polpa dos frutos indicam que alguns cultivares apresentam maior potencial para a utilização na indústria de processamento mínimo. Os cultivares Fuji Mishima, Elenise e especialmente Venice apresentaram os melhores resultados. Já o cultivar Maxi Gala, que

atualmente é um dos mais produzidos no Brasil (Faoro, 2022), apresentou resultados inferiores, indicando que, dentre os cultivares avaliados, pode não ser uma boa opção para o mercado de processamento mínimo de maçãs, ou que seu emprego para este fim tem maior dependência da aplicação de antioxidantes e da temperatura de

manipulação. O cultivar Fuji Mishima também tem um volume de produção elevado no país e pode ser mais bem aproveitado para estes fins. Já os cultivares Elenise e Venice ainda estão em processo de difusão pelo Brasil, porém com boas perspectivas de cultivo devido a vantagens em relação aos clones de cultivares Gala e Fuji, como maior adaptabilidade às condições climáticas do país, resistência a doenças e boa qualidade dos frutos (De Martin *et al.*, 2018), além de menor velocidade de escurecimento e de alteração de cor da polpa, que pode tornar os frutos mais aptos para o processamento mínimo, conforme os resultados obtidos.

Para Denardi *et al.* (2020) e Carlesso *et al.* (2022), além do alto potencial para o mercado de frutas frescas, a maçã 'Elenise' pode promover mudanças nas indústrias de maçãs minimamente processadas e de suco de maçã no Brasil, as quais hoje dependem dos cultivares Gala e Fuji, pois apresenta lento escurecimento de polpa devido à baixa reação oxidativa de seus compostos. Os resultados do presente trabalho reforçam a indicação do cultivar Elenise para processamento mínimo, e ainda incluem 'Venice' nesse nicho de mercado em potencial, pois seus frutos também apresentam lento escurecimento de polpa. Estudos futuros devem ser realizados com o objetivo de compreender os principais mecanismos fisiológicos envolvidos no menor grau de escurecimento desses cultivares.

Conclusões

Quando comparadas às demais variedades estudadas, as maçãs do cultivar Venice apresentam menor escurecimento de polpa, tendo potencial para utilização na indústria de minimamente processados, por conta da menor alteração visual dos frutos após os danos mecânicos.

As maçãs dos cultivares Fuji Mishima e Elenise também possuem potencial para o mercado de minimamente processados pelas baixas alterações visuais na polpa dos frutos. Por outro lado, maçãs 'Maxi Gala' e 'Luiza' não são as mais indicadas para o processamento

mínimo, uma vez que apresentam maior índice de escurecimento de polpa e mudança total de cor.

Referências

- BERTRAND, C.; RAPOSO, M.F.D.J.; MORAIS, R.M.S.C.D.; MORAIS, A.M.M.B.D. Effects of different edible coatings on polyphenol oxidase activity and colour of fresh-cut apple during cold storage. **International Journal of Postharvest Technology and Innovation**, Genebra, v.5, n.2, p.91-104, 2015.
- CARLESSO, C.; BRANCHER, T.L.; KVITSCHAL, M.V.; HAWERROTH, M.C.; ARGENTA, L.C. Escurecimento de polpa de maçãs 'Fuji', 'Cripps Pink' e 'SCS427 Elenise' para uso como minimamente processadas. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.35, n.1, p.36-39, 2022. DOI: 10.52945/rac.v35i1.1179.
- CARVALHO, J.R.F.; SILVA, K.M.; SIMÕES, D.R.S.; WOSIACKI, G.; NOGUEIRA, A. Elaboração de fermentado frisante de maçã com características semelhantes à sidra francesa. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.28, n.1, p.97-144, 2010.
- CORTELLINO, G.; GOBBI, S.; BIANCHI, G.; RIZZOLO, A. Modified atmosphere packaging for shelf life extension of fresh-cut apples. **Trends in Food Science & Technology**, New York, v.46, n.2, Part B, p.320-330, 2015.
- CRUZ, M. R.; CAMARGO, M.E.; BRAZ, P.H.C.; FREY, E.H.; FREY, M.V. Estratégias para inovação na cadeia produtiva da maçã brasileira. **Revista Raunp**, Natal, v.8, n.1, p. 64-73, 2015.
- DE MARTIN, M.S.; BETINELLI, K.S.; ARGENTA, L.C.; STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; KVITSCHAL, M.V. Storage potential of 'SCS426 Venice' apples under different storage technologies. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.40, n.2, p.1-10, 2018.
- DENARDI, F.; KVITSCHAL, M. V.; HAWERROTH, M. C.; ARGENTA, L. C. SCS427 Elenise: late-ripening apple variety of good storability and resistance to Glomerella Leaf Spot. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.33, n.2, p.32-36, 2020. DOI: 10.52945/rac.v33i2.537.
- ERCOLI, L.; BARIZÃO, E.O.; BOEING, J.S.; KVITSCHAL, M.V.; VISENTAINER, J.V.; ALMEIDA, V. C. Evaluation of chemical characteristics and correlation analysis with pulp browning of advanced selections of apples grown in Brazil. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v.39, n.1, 2017.
- FAORO, I.D. Alguns cultivares do grupo 'Gala'. In: FAORO, I.D. (Org.) **Maçãs do grupo "Gala" no Brasil**. Florianópolis: Epagri, 2022. p.109-136.
- FURLAN, C.R.C.; DANTAS, A.C.M.; DENARDI, F.; BECKER, W.F.; MONTOVANI, A. Resistência genética dos acessos do banco de germoplasma de macieira da EPAGRI à mancha foliar de glomerella (*Colletotrichum gloeosporioides*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.2, p.507-514, 2010.
- JIANG, Y.; DUAN, X.; QU, H.; ZHENG, S. Browning: Enzymatic Browning. **Encyclopedia of Food and Health**, Oxford, p. 508-514, 2016.
- KIST, B.B. **Anuário Brasileiro da Maçã 2019**. Santa Cruz do Sul, RS: Editora Gazeta Santa Cruz, 2019. 56p.
- KUMAR, S.; MISHRA, B.; SAXENA, S.; BANDYOPADHYAY, N.; MORE, V.; WADHAWAN, S.; HAJARE, S.; GAUTAM, S.; SHARMA, A. Inhibition of pericarp browning and shelf life extension of litchi by combination dip treatment and radiation processing. **Food Chemistry**, Berlim, n.131, p.1223-1232. 2012.
- MAXMEN, A. Genetically modified apple reaches US stores, but will consumers bite? **Nature**, Londres, v.551, n.7679, p.149-150. 2017.
- MORENO, M.B.; CANTILLANO, R.F.F.; ROMBALDI, C.V.; MANICA-BERTO, R. Quality of minimally processed 'fuji' apple under refrigerated storage and treatment with additives. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.38, n.4, 2016.
- NIAMNUY, C.; DEVAHASTIN, S.; SOPONRONNARIT, S.; RAGHAVAN, V.G.S. Kinetics of astaxanthin degradation and color changes of dried shrimp during storage. **Journal of Food Engineering**, Londres, v.87, n.4, p.591-600, 2008.
- OYARZÚN, A.; OBANDO-ULLOA, J.M.; MERY, L.; MACHUCA, A.; ESCALONA, V.H.; GÓMEZ, A.C.S. Cutting and temperature of preservation effect on the physiological activity and quality of fresh cut 'Packham's Triumph' and 'Shinco' pears. **Acta Horticultura**, Haia, n.1209 p.281-290, 2018.
- ROCHA, A.M.C.N.; MORAIS, A.M.M.B. Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by color changes. **Food Control**, Guildford, v.14, n.1, p.13-20, 2003.
- SON, S.M.; MOON, K.D.; LEE, C.Y. Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices. **Food Chemistry**, Berlin, v.73, n.1, p.23-30, 2001.
- STANGER, M.C.; STEFFENS, C.A.; SOETHE, C.; MOREIRA, M.A.; AMARANTE, C.V.T. Phenolic content and antioxidant activity during the development of 'Brookfield' and 'Mishima' apples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.65, n.17, p.3453-3459, 2017.
- SUBHASHREE, S.N.; SUNOJ, S.; XUE, J.; BORA, J.C. Quantification of browning in apples using colour and textural features by image analysis. **Food Quality and Safety**, Oxford, v.1, n.3, p.221-226, 2017.
- TAPPI, S.; RAGNI, L.; TYLEWICZ, U.; ROMANI, S.; RAMAZZINA, I.; ROCCULI, P. Browning response of fresh-cut apples of different cultivars to cold gas plasma treatment. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, Amsterdam, v. 53, p. 56-62, 2019.
- TOMÁS-BARBERÁN, F.A.; ESPÍN, J. C. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Londres, v.81, n.09, p.853-876, 2001.

Proposal of a weather-based prediction system for Yellow Sigatoka in Santa Catarina State, Brazil

Mauro Ferreira Bonfim Junior¹; Álvaro José Back¹; Márcio Sônego¹; Joelma Miszinski² and André Boldrin Beltrame³

Abstract – Banana (*Musa* spp.) is one of the main fruits produced in Brazil, and its production is among the largest in the world. The Sigatoka disease complex is widely distributed across banana producing regions mainly comprising the fungi *Pseudocercospora fijiensis* and *P. musae*, causal agents of Black and Yellow Sigatoka, respectively. This study observed the epidemiological factors affecting the development of Yellow Sigatoka disease in a banana plantation not sprayed with fungicides in the subtropical climate of Santa Catarina, Brazil, to propose a prediction system for the disease. Yellow Sigatoka severity was assessed using Infection Index, Gross Sum and Youngest Leaf Spot. Air temperature (°C), relative air humidity (%) and leaf wetness (h) were monitored by an automatic meteorological station with data collected each 30s. Leaf wetness and average temperature are the main meteorological variables that explain Yellow Sigatoka increase. A prediction system model was developed to predict disease severity.

Index terms: Temperature; Leaf Wetness; Disease Progress Curve; *Musa* spp.

Proposição de um sistema de previsão da Sigatoka Amarela baseado em variáveis meteorológicas no Estado de Santa Catarina, Brasil

Resumo – A bananeira (*Musa* spp.) é uma das principais frutíferas cultivadas no Brasil. A produção brasileira de bananas está entre as maiores do mundo. O complexo de Sigatoka é uma doença amplamente distribuída nas regiões produtoras de banana do mundo, compreendendo principalmente os fungos *Pseudocercospora fijiensis* e *P. musae*, agentes causais da Sigatoka Negra e Amarela, respectivamente. Este trabalho teve como objetivo observar fatores epidemiológicos que afetam o desenvolvimento da Sigatoka Amarela em uma plantação de banana não pulverizada com fungicidas em clima subtropical de Santa Catarina, Brasil, a fim de propor um sistema de previsão da doença. A Sigatoka Amarela foi avaliada por meio do Índice de Infecção, Soma Bruta e Primeira Folha Manchada. A temperatura do ar (°C), a umidade relativa do ar (%) e o molhamento foliar (h) foram monitorados por meio de estação meteorológica automática com coleta de dados a cada 30s. Concluímos que o molhamento foliar e a temperatura média são as principais variáveis meteorológicas que explicam a severidade da doença. Foi proposto um sistema de previsão para a Sigatoka Amarela e desenvolvido um modelo para prever a evolução da doença.

Termos para indexação: Temperatura; Molhamento Foliar; Curva de Progresso da Doença; *Musa* spp.

Introduction

Banana (*Musa* spp.) is one of the main fruit plants produced in Brazil, and its production is among the largest in the world (Datapandas, 2023). Santa Catarina is one of the main state producers of banana, accounting for around 10% of the national production and is an important source of income for rural families (Epagri/Cepa, 2022). The Sigatoka disease complex is widely distributed in banana producing regions comprising mainly the fungi

Pseudocercospora fijiensis and *P. musae*, causal agents of Black and Yellow Sigatoka, respectively. This complex is important not only due to its wide distribution but also for the damage and losses it causes such as leaf necrosis, reduced plant growth, delayed development, loss of fruit quality, premature and uneven fruit maturation, reduced bunch weight and reduced number of commercial bunches, which lower the productivity between 35% and 80% (Mobambo *et al.*, 1993; Castelan *et al.*, 2012; Kimunye

et al., 2020). *Pseudocercospora fijiensis* is considered the main constraint to banana production in Brazil but *P. musicola* is widespread, imposing substantial costs to affected growers and production losses of up to 50% (Matos and Cordeiro, 2011; Brito *et al.*, 2015). Despite the existence of banana cultivars resistant to Black and Yellow Sigatoka, the area planted with susceptible cultivars in Brazil remains considerable due to agronomic and consumer market factors, making the Sigatoka disease complex a

Received on 09/05/2024. Accepted for publication on 25/10/2024.

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i3.1862>

Section editor: Felipe Rafael Garcés-Fiallos

¹Agronomist, Dr., Epagri / Estação Experimental de Urussanga, Rod. SC 108, 1563, Km 353, bairro Estação, 88840-000 Urussanga/SC, e-mail: maurojunior@epagri.sc.gov.br, ajb@epagri.sc.gov.br, sonego@epagri.sc.gov.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1757-0280>; <https://orcid.org/0000-0002-0057-2186>, <https://orcid.org/0000-0003-1301-5327>

² Computer scientist, Epagri / Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia (Ciram), Rod. Admar Gonzaga, 1347, bairro Itacorubi, 88034-901 Florianópolis/SC, e-mail: joelma@epagri.sc.gov.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4874-6085>

³ Agronomist, Dr., Epagri / Estação Experimental de Itajaí, Rod. Antônio Heil, 6800, 88318-112 Itajaí/SC, e-mail: andrebeltrame@epagri.sc.gov.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0807-1060>

constant concern for many producers. Some climatic factors have been associated with ascospores and conidia germination and *P. fijiensis* infection. Both propagules need high relative humidity or near saturation (above 92% for conidia and 98% for ascospores) to germinate and penetrate stoma (Jacome *et al.*, 1991), requiring a film of water in foliar surface for ascospore infection but not for conidia (Cabi, 2022). Optimum temperature for ascospore germination is 27°C (Stover, 1983; Jacome *et al.*, 1991; Porras and Pérez, 1997). For *P. musicola*, the optimum temperature for ascospore germination is 25°C (Cabi, 2022). However, knowledge about the influence of meteorological variables in severity increase (colonization) of Yellow Sigatoka is scarce.

Chemical spraying is the main method to control the Sigatoka disease complex, with a wide range of chemical products registered with the Brazilian Ministry of Agriculture (MAPA). Cultural control (e.g., phytosanitary defoliation), weed control and balanced fertilization greatly influence disease management (Beltrame *et al.*, 2023). However, intensive fungicide spraying in commercial banana orchards can exceed 30% of production costs (Churchill, 2011). Disease management with reduced costs requires knowledge of some aspects of the pathogen biology and epidemiology. Several works reported a relation between the climate and Sigatoka disease complex infection (Strobl and Mohan, 2020; Hernández *et al.*, 2005; Fouré, 1994; Gauhl, 1990; Stover, 1980). This association can explain the difference in prevalence of Black and Yellow Sigatoka in Santa Catarina: Black Sigatoka is prevalent in the north and Yellow Sigatoka in the southern coast, which is an important production region (Peruch *et al.*, 2022).

Thus, this study observed the dynamics of Yellow Sigatoka and its relation with meteorological variables to propose a weather-based prediction system to manage the disease efficiently.

Materials and methods

The experiment was conducted in an 8-year-old 'Prata Catarina' banana orchard (*Musa* AAB, Pomme subgroup) measuring 0.25 ha at Epagri/Estação Experimental de Urussanga, Santa Catarina state, Brazil (28° 31' 21.911" S 49° 19' 16.039" W; altitude 49 m). Climatic classification according to Köppen is humid subtropical, with precipitation well distributed along the year and hot summer (Cfa). Average annual rainfall is approximately 1600mm. Soil type is Red Yellow Argisol (Santos *et al.*, 2018) with 22 to 25% clay and rock of granite origin. The orchard was planted in a single row with spacing of 3,0m x 2,5m (1333 plants/ha) without irrigation system. Plants were fertilized each 4 months with 100 g NPK (12-06-24)/plant, representing a total annual of 63kg N, 32 kg P and 128kg K/ha.

As Yellow Sigatoka disease is endemic to the region, the orchard was not sprayed with fungicides for all the experimental period. The sole management measure employed was a sanitary defoliation of leaves with more than 1/3 foliar area diseased each 3-4 months. Eight plants were randomly chosen for evaluation each 14 days for 2 years. Three methods of disease severity assessment were used: Gross Sum (GS) (Bureau *et al.*, 1992), Infection Index (II) and Youngest Leaf Spotted (YLS) (Carlier *et al.*, 2003). To estimate the epidemiological infection process, Yellow Sigatoka was assessed considering only stage 2 lesions (Meredith, 1970). This variable was named Gross Sum New Lesions (GSNL). Air temperature (°C) and relative air humidity (%) were monitored by a meteorological station (HOBO WARE®) throughout the experimental period using two sensors located at 4.10m (Sensor 1) and 1.25m (Sensor 2) height inside the banana orchard. Leaf wetness (h) was measured only at 4.10m. Data were collected and registered each 30s. Variables were abbreviated as follows: average air temperature (TM), average of minimum air temperature

(TN), relative air humidity (RH) followed by the number 1 and 2 for sensors 1 and 2, respectively, and leaf wetness (LW). The variable relative air humidity was expressed in hours of relative air humidity above 80% (RH80) and above 90% (RH90) for the two sensors. Leaf wetness was expressed in hours of leaf wetness above 90% (LW90) and above 95% (LW95) for all the sensor surface. Values of the meteorological variables refer to the average from 14 days prior to disease evaluation except for leaf wetness and precipitation, the values of which refer to the daily sum in those days.

Pearson's correlation (R) analysis at 5% probability of error was performed between meteorological variables and disease assessment methods (SPSS Statistics). Disease progress curves were plotted for GS, II and YLS throughout the experimental period. A disease progress curve, considering only young leaf spots (stage 2 lesions), was plotted to observe its influence on Yellow Sigatoka disease development (Meredith, 1970). The disease progress curve for II was plotted and fitted to classic plant disease models with statistical software R (R Core Team, 2023), using the epifitter package (Alves and Del Ponte, 2021). Multiple regression analysis was performed and a model was developed to correlate the essential meteorological variables with Yellow Sigatoka disease severity development (SPSS Statistics). Limits of the variables used in the prediction system were empirically defined and based on data from the first year of evaluation. Frequency of occurrence of the meteorological variables influencing Yellow Sigatoka disease development was graphically observed.

Results and discussion

Pearson's correlation analysis showed that leaf wetness variables LW95 and LW90 had moderate positive correlation with GS (R=0.4394; p<0.01 and R=0.3915; p<0.05, respectively) (Figure 1). Average of minimum air temperature (TN1 and TN2) had

negative correlation with GS ($R=-0.6686$; $p<0.01$ for TN1 and $R=-0.6808$; $p<0.01$ for TN2) and with II ($R=-0.4717$; $p<0.01$ for TN1 and $R=-0.5198$; $p<0.01$ for TN2). Average air temperature (TM1 and TM2) had strong negative correlation with GS ($R=-0.7137$; $p<0.01$ for TM1 and $R=-0.7190$; $p<0.01$ for TM2) and moderate negative correlation with II ($R=-0.4856$; $p<0.01$ for TM1 and $R=-0.5267$; $p<0.01$ for TM2). These same temperature variables, however, had strong correlation with YLS ($R=0.7047$; $p<0.01$ for TN1 and $R=0.7105$; $p<0.01$ for TN2; $R=0.7603$; $p<0.01$ for TM1 and $R=0.7611$; $p<0.01$ for TM2). YLS had weak positive correlation with GSNL ($R=0.3452$; $p<0.05$). Meteorological variables related to air relative humidity showed no significant correlation with the Sigatoka assessment methods, except for RH902 with GSNL ($R=0.3617$; $p<0.05$). However, these variables had a strong positive correlation with LW variables. Average air temperature and LW95 had negative correlation ($R=-0.3316$; $p<0.05$ for TM1 and $R=-0.3730$; $p<0.05$ for TM2). Temperature variables TN2 and TM2 had positive correlation with GSNL ($R=0.3618$; $p<0.05$ and $R=0.3433$; $p<0.05$, respectively). Although this association occurred only for sensor 2, the two sensors located at different height showed strong correlation with each other for the same variables evaluated.

LW95 was environmental variable that most influenced disease severity, as measured by GS. However, linear regression analysis also considered TM1 as described below:

$$GS = 8951,173 + 15,786LW95 - 401,541TM1$$

In which GS is Gross Sum, LW95 represents leaf wetness hours in the 14 days before assessment and TM1 is the average air temperature in the period. Importantly, GSNL, which is a portion of GS, had positive correlation with LW90 (Figure 1). In a preliminary study of forecast and warning for Black Sigatoka disease, Hernández *et al.* (2005)

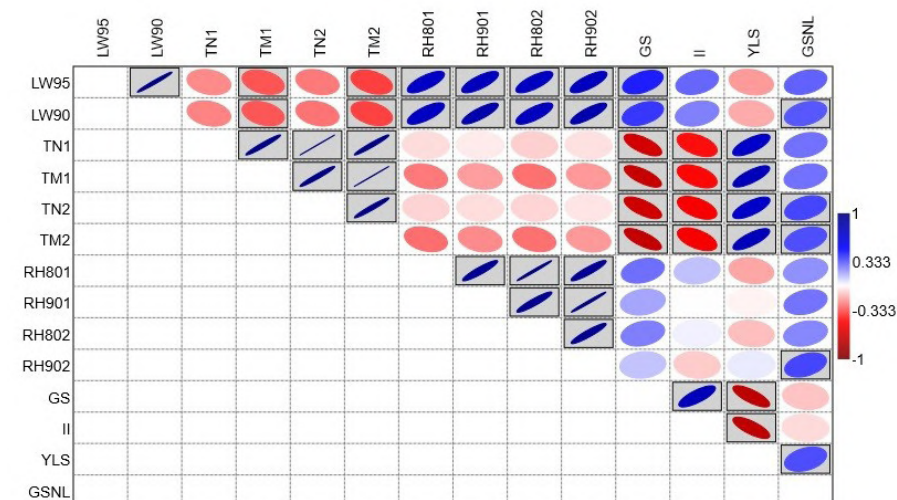


Figure 1. Correlation matrix of Yellow Sigatoka assessment methods and meteorological variables. Gray boxes mean significant correlation. Blue ellipses mean positive correlation. Red ellipses mean negative correlation. The lighter the shade, the closer to zero
 Figura 1. Matriz de correlação de métodos de avaliação da Sigatoka Amarela e variáveis meteorológicas. Quadrados cinzas indicam correlação significativa. Elipses azuis indicam correlação positiva. Elipses vermelhas indicam correlação negativa. Quanto mais próximo ao azul claro ou ao vermelho claro mais próximo de zero

proposed linear regression models equations for II in function of some meteorological variables. According to the authors, none of the equations had determination coefficient (R^2) above 0.33 and the better equation referred to accumulated data of six consecutive weeks before evaluation. In the present study, the linear regression model equation was significant ($p<0.01$) and had a moderate determination coefficient ($R^2=0.55$), indicating that 55% of the disease behavior is explained by accumulated values of LW95 and TM1 14 days before evaluation.

Figure 2 (A) shows the dynamics of LW95 and TM1 from March 2022 to January 2024. Higher growth of the disease corresponds to TM1 between 13°C and 25°C and LW95 above 160 hours.

Figure 2 (B) considers only new lesions (type 2) throughout the period evaluated. The year period most favorable to infection process were warmer months (November to May). Generally, the infection process is impaired in the cooler months (June, July and August), increasing occasionally. However, the peak of the disease occurs in cooler months. We

hypothesized that optimal leaf wetness hours for colonization occur in cooler months; however, even with lower temperatures they are still favorable to *P. musae* colonization, but not to infection.

Leaf wetness also influenced the infection process. When these values lowered, even with optimal temperatures, the occurrence of new lesions decreased. Conversely, highly elevated temperatures impair the disease. Based on these observations, we empirically defined some temperature limits and leaf wetness hours considered favorable or not to Yellow Sigatoka development as follows:

$$13^{\circ}\text{C} \leq T_m \leq 21^{\circ}\text{C} \text{ and } LW > 160$$

Or

$$21^{\circ}\text{C} < T_m \leq 25^{\circ}\text{C} \text{ and } LW > 130.$$

These limits and combinations were favorable to Yellow Sigatoka severity increase. The following limits were considered unfavorable:

$$13^{\circ}\text{C} < T_m \leq 21^{\circ}\text{C} \text{ and } LW < 160$$

Or

$$T_m > 25^{\circ}\text{C}$$

Our prediction system for Yellow

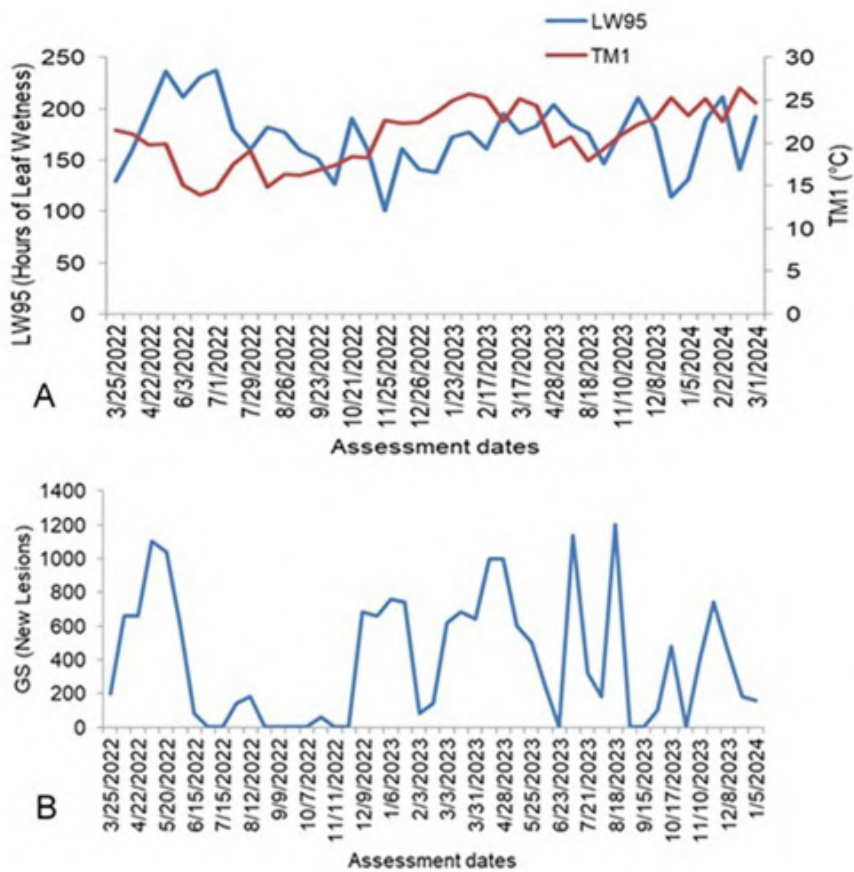


Figure 2. Dynamics of leaf wetness hours (LW95) and average air temperature of sensor 1 (TM1) in the 14 days prior to disease assessment (A). Disease severity using Gross Sum (GS) method considering only new lesions (stage 2) throughout the experimental period (B) *Figura 2. Dinâmica das horas de molhamento foliar (LW95) e da média da temperatura do ar do sensor 1 (TM1) nos 14 dias anteriores à avaliação da doença (A). Severidade da doença usando o método da Soma Bruta (GS), considerando somente lesões novas (estágio 2) durante o período experimental (B)*

Sigatoka was based on the considerations above. Previous results have showed that germination rates and germinative tube growth decrease between 23% and 26% after 24h under 30°C and 32°C, respectively, in relation to maximum observed under optimal temperature (25°C) conditions for *P. musicola* (Stover, 1983; Coelho Filho *et al.* 2021). Despite this reduction, germ tube is still able to grow at these temperatures. Limiting temperatures for germinative tube growth was reported to be 10°C to 35°C (Coelho Filho; Cordeiro, 2011; Coelho Filho *et al.*, 2021); however, this limiting temperatures cannot be extrapolated in practice due to variations in temperature and when working with temperature averages. Moreover, the optimal temperatures

for tube growth and germination rates cannot equal the disease development. Thus, we observed and considered that the average limit temperatures for disease development are 13°C and 25°C in the 14 days before evaluation, because disease generally increased in this range.

Yellow Sigatoka shows higher adaptability to temperatures under 15°C compared with Black Sigatoka. This fact can explain the prevalence of Yellow Sigatoka over Black Sigatoka in southern Santa Catarina, where that temperature is common in cooler months. We observed that, in general, at lower temperatures, the main factor for disease increase is leaf wetness hours. These results are consistent with Coelho Filho e Cordeiro (2011) e Coelho Filho *et*

al. 2021, who stated that temperature effect is directly dependent of optimum humidity conditions. Without them, growth is impaired.

Figure 3 shows the disease progress curve using GS and II method with the occurrences of favorable climatic conditions defined by the prediction system for Yellow Sigatoka disease. Arrows indicate the time in which climatic conditions for severity increased or decreased in banana 'Catarina' and the corresponding increase or decrease in disease severity. Four pointed stars indicate days in which it was not possible to collect complete meteorological data in the defined intervals. Epidemiological year was defined by the period between the lesser II register and the maximum peak of this variable. Points without arrows or stars, in the epidemiological year, indicate days in which the system failed.

Differently from the other evaluation methods, higher YLS values indicate low disease severity. However, to better compare the methods, YLS underwent a log transformation ($11 - x$) to look graphically similar to those methods (Figure S1).

YLS shows the same behavior trend seen for the other disease severity assessment methods. Lower values occurred between the months of December and February, and higher values between the months of June and August.

Disease progress curve was plotted for the two epidemic years based on II (Figure S2AB). Both disease progress curves were adjusted for different classical models of disease evolution in 2022 (Figure S2C) and in 2023 (Figure S2D).

Epidemics adjusted better to the monomolecular model in 2022 ($R^2=0.9505$; $r=0.0039$). In the following year, the epidemics adjusted better to the exponential model ($R^2=0.9618$; $r=0.0050$). Different infection rates for both years occurred, with the highest value occurring in 2023. This can be explained by the higher number of leaf wetness hours and optimal

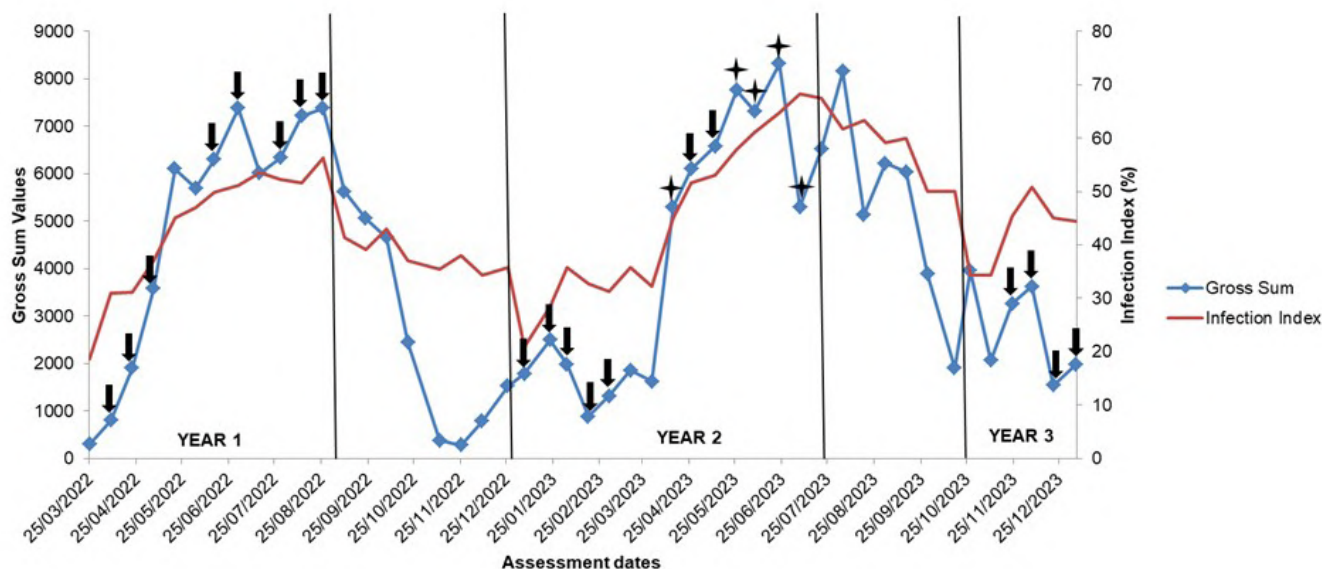


Figure 3. Disease progress curve for Gross Sum (GS) and Infection Index (II) methods throughout the experimental period. Arrows indicate assessment days in which meteorological conditions occurred in agreement to the prediction system for Yellow Sigatoka proposed. Four pointed stars indicate days in which it was not possible to collect meteorological data. Points without arrows or stars, in the epidemiological year, indicate days in which the system failed

Figura 3. Curva de progresso da doença para Soma Bruta (GS) e Índice de Infecção (II) durante o período experimental. As setas indicam os dias de avaliação nos quais ocorreram condições meteorológicas em concordância com o sistema de previsão da Sigatoka Amarela proposto neste trabalho. Pontos sem setas ou estrelas, no ano epidemiológico, indicam os dias nos quais o sistema falhou

temperatures to disease development at the beginning of epidemics, remarkably in March 2023, when the disease had an explosive increase.

In Santa Catarina, Bioclimatic Pre-Warning is the standard disease evaluation system for controlling Sigatoka disease (Peruch *et al.*, 2022; Beltrame *et al.*, 2023). This system has been used successfully for more than 20 years, helping producers time fungicide sprays. However, developing new systems is important for the evolution of Sigatoka evaluation without field evaluations and higher spatial cover.

Conclusions

Leaf wetness and average air temperature are the main meteorological variables to explain the Yellow Sigatoka increase in the subtropical conditions of southern Santa Catarina.

We proposed a prediction system model to predict disease severity.

A 14-day period of average

temperature ranging from 13°C to 21°C together with leaf wetness above 160 hours, or an average temperature above 21°C to 25°C together with leaf wetness above 130 hours determine disease increase.

Acknowledgements

The authors thank FAPESC for the financial support.

References

ALVES, K.; DEL PONTE, E. Analysis and simulation of plant disease progress curves in R: introducing the epifitter package. **Phytopathology Research**, v.3, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42483-021-00098-7>.

BELTRAME, A. B.; PERUCH, L. A. M.; BONFIM JUNIOR, M. F.; SÔNAGO, M.; PACHECO, V.M.C.; HINZ, R.H. Monitoramento da sigatoka pelo sistema de pré-aviso biológico no clima subtropical

de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v.36, n. 2, p. 19–21, 2023. DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v36i2.1578>.

BUREAU, E.; MARIN, D.; GUZMAN, J.A. **El sistema de preaviso para el combate de la Sigatoka negra en banana y plátano**. UPEB, Panamá, 1992. 40p.

BRITO, F.S.D.; FRAAIJE, B.; MILLER, R.N.G. Sigatoka disease complex of banana in Brazil: management practices and future directions. **Outlooks on pest management**, v.26, p.1-4, 2015.

CABI. **Mycosphaerella fijiensis (black sigatoka)**. Wallingford, UK, 2022. (CABI Compendium). DOI: <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.35278>

CARRIER J.; WAELE, D. DE; ESCALANT, J.V. **Global evaluation of Musa germplasm for resistance to Fusarium wilt, Mycosphaerella leaf spot diseases and nematodes**. The International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France. 2003.

- 57p. (INIBAP Technical Guidelines, 6).
- CASTELAN, F.P.; SARAIVA, L.A.; LANGE, F.; DE LAPEYRE DE BELLAIRE, L.; CORDENUNSI, B.R.; CHILLET, M. Effects of black leaf streak disease and sigatoka disease on fruit quality and maturation process of bananas produced in the subtropical conditions of southern Brazil. **Crop Protection**, v. 35, p.127-131, 2012.
- COELHO FILHO, M.A.; CORDEIRO, Z.J.M. Influências das variáveis climáticas no desenvolvimento da doença. In: CORDEIRO, Z.J.M.; MATOS, A.P.; SILVA, O.S. (Eds.) **Recomendações técnicas sobre a Sigatoka-negra da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2011. p.51-60.
- COELHO FILHO, M.A.; CORDEIRO, Z.J.M.; MATOS, A.P.; SILVA, T.S.M. **Sigatoka-negra da bananeira no Estado da Bahia: zoneamento de risco climático e recomendações de manejo**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. 2021, 60p. (Documentos, no. 251).
- CHURCHILL, A.C. *Mycosphaerella fijiensis*, the black leaf streak pathogen of banana: progress towards understanding pathogen biology and detection, disease development, and the challenges of control. **Molecular Plant Pathology**, v.12, p.307-328, 2011.
- DATAPANDAS. **Banana production by country**. 2023. Available in: <https://www.datapandas.org/ranking/banana-production-by-country>. Accessed on: October 15, 2023.
- EPAGRI/CEPA. **Produção de banana se recupera em SC e deve ser 50 maior em comparação a 2021**. Florianópolis, SC, 2022. Available in: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2022/05/26/producao-de-banana-se-recupera-em-sc-e-deve-ser-50-maior-em-comparacao-a-2021/#:~:text=Em%202022%2C%20Santa%20Catarina%20deve,7%20mil%20t%20em%202021>. Accessed on: 15 oct. 2023.
- FOURÉ, E. Leaf spot diseases of banana and plantain caused by *Mycosphaerella fijiensis* and *M. musicola*. In: JONES, D.R. (Ed.) **The improvement and testing of musa: a global partnership**. Proceedings of the first Global Conference of the International *Musa* Testing Program held at FHIA. Montpellier: INIBAP. 1994. p.37-49.
- GAUHL, F. **Epidemiología y ecología de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) em plátano (*Musa sp.*), em Costa Rica**. Panamá: UPEB. 1990. 126p.
- HERNÁNDEZ, G.L.; HIDALGO, W.; LINARES, B.; HERNÁNDEZ, J.; ROMERO, N.; FERNANDEZ, S. Estudio preliminar de vigilancia y pronóstico para sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*). **Revista de la Facultad de Agronomía**, v.22, p.325-339, 2005.
- JACOME, L.H.; SCHUH, W.; STEVENSON, R.E. Effect of temperature and relative humidity on germination and germ tube development of *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. **Phytopathology**, v.81, n.12, p.1480-1485, 1991.
- KIMUNYE, J.N.; WERE, E.; MUSSA, F.; TAZUBA, A.; JOMANGA, K.; VILJOEN, A.; SWENNEN, R.; MUTHONI, F.K.; MAHUKU, G. Distribution of *Pseudocercospora* species causing sigatoka leaf diseases of banana in Uganda and Tanzania. **Plant Pathology**, v.69, n.1, p.50-59, 2020.
- MATOS, A.P.; CORDEIRO, Z.J.M. O patógeno e sua distribuição geográfica. In: CORDEIRO, Z.J.M.; MATOS, A.P.; SILVA, S.O. (Eds.) **Recomendações técnicas sobre a sigatoka negra da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2011. p.15-25.
- MEREDITH, D.S. **Banana leaf spot disease (Sigatoka) caused by *Mycosphaerella musicola***. Phytopathology Paper Nº 11 Commonwealth Mycology Institute, Wallingford, UK: CABI, 1970. 147p.
- MOBAMBO, K.; GAUHL, F.; VUYLSTEKE, D.; ORTIZ, R.; PASBERG-GAUHL, C.; SWENNEN, R. Yield loss in plantain from black sigatoka leaf spot and field performance of resistant hybrids. **Field Crops Research**, v.35, p.35-42, 1993.
- PERUCH, L.A.M.; SONEGO, M.; BONFIM JUNIOR, M.F.; SANGALETI, T. Yellow Sigatoka monitoring methods in the subtropical climate of Southern Brazil. **Agropecuária Catarinense Journal**, v.35, n. 3, p. 26–29, 2022. DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v35i3.1520>.
- PORRAS, A.; PEREZ, L. The role of temperature in the growth of the germ tubes of ascospores of *Mycosphaerella* spp., responsible for leaf spot diseases of banana. **Infomusa**, v.6, n.2, p.27-32, 1997.
- SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; ARAUJO FILHO, J.C. de; OLIVEIRA, J.B. de; CUNHA, T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.ed. Brasília, DF: EMBRAPA SOLOS, 2018. 356p.
- STOVER, R. Sigatoka leaf spot of banana and plantains. **Plant Disease Reporter**, v.64, n.8, p.750-756, 1980.
- STOVER, R.H. The effect of temperature on ascospore germinative tube growth of *Mycosphaerella musicola* and *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. **Fruits**, v.38, p.625-628, 1983.
- R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Available in: <https://www.R-project.org/>.
- STROBL, E.; MOHAN, P. Climate and the Global Spread and Impact of Bananas' Black Leaf Sigatoka Disease. **Atmosphere**, v.11, p.947, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos11090947>.

Uso da espectroscopia de reflectância do solo na estimativa da textura para fins de seguro agrícola

Elisângela Benedet da Silva¹, Cristina Pandolfo¹, Gabriel Berenhauer Leite¹ e Élvio Giasson²

Resumo – O Zoneamento Agrícola de Risco Climático é um instrumento importante para a gestão de riscos que utiliza parâmetros do solo para determinar o risco climático associado ao cultivo de determinadas culturas. Este estudo teve como objetivo avaliar a eficácia da espectroscopia de reflectância do solo associada a um modelo de *machine learning* na predição dos teores de argila e areia do solo utilizados na classificação do solo para fins de seguro agrícola. Uma matriz de confusão foi utilizada para a classificação de amostras medidas em laboratório e preditas pelo modelo Cubist. Os resultados mostraram que o Cubist apresentou bom desempenho preditivo para os atributos argila e areia. Na matriz de confusão, a maioria das amostras foi corretamente classificada nos tipos de solo definidos pela IN 02/2008. O estudo demonstra o potencial da espectroscopia combinada com algoritmos de *machine learning* na predição de atributos do solo como técnica complementar na gestão dos riscos agrícolas.

Termos para indexação: Zoneamento Agrícola de Risco Climático; Classes texturais do solo; Água disponível no solo; *Machine learning*.

Use of soil spectral reflectance to estimate texture for agricultural insurance purposes

Abstract – The Agricultural Zoning for Climatic Risk is an important tool for risk management that uses soil parameters to determine the climatic risk associated with cultivating specific crops. This study aimed to evaluate the performance of soil reflectance spectroscopy combined with a machine learning algorithm in predicting soil clay and sand contents for agricultural insurance purposes. A confusion matrix was used to classify samples measured in the laboratory and predicted by the Cubist algorithm. The results showed that Cubist presented good predictive performance for the clay and sand attributes. In the confusion matrix, most samples were correctly classified into the soil types defined by IN 02/2008. The study demonstrates the potential of spectroscopy combined with machine learning algorithms in predicting soil attributes as a complementary technique in agricultural risk management.

Index Terms: Agricultural Zoning for Climatic Risk; Soil textural classes; Soil available water; Machine learning.

Introdução

A agricultura é uma atividade econômica caracterizada por riscos de produção que, além da variação nos preços e no crédito, possui grande vulnerabilidade a eventos adversos de natureza climática ou biológica, que podem gerar perdas significativas na produção dos cultivos agrícolas (OECD-FAO, 2021). Para garantir a produção e reduzir a exposição dos agricultores ao risco, muitos governos utilizam o seguro agrícola como um dos mecanismos mais eficazes de resposta na mediação da relação entre condições meteorológicas extremas e alterações climáticas e os seus impactos econômicos e sociais

(Melser *et al.*, 2024).

No Brasil, o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro e Proagro Mais) e o Garantia-Safra são programas de apoio governamental que têm como objetivo proteger os agricultores de perdas causadas por eventos extremos de variabilidade climática na produção de alimentos. Entre as safras de 2011-2021, o aumento das perdas agrícolas elevou o número de beneficiários do Proagro, alcançando um total de 110.080 coberturas, com indenizações que somaram 989,45 milhões de reais. A seca foi o principal evento climático responsável por esses prejuízos, representando 86% das coberturas nesse período. Nas safras

seguintes, a seca continuou a ser a principal causa das perdas, com 48% das operações de seguro em 2018-2019, 62% em 2019-2020 e 57% em 2020-2021 (de Carvalho *et al.*, 2020).

O Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) desenvolvido pela Embrapa e adotado pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) é um dos instrumentos de política agrícola e gestão de riscos na agricultura brasileira. Na metodologia utilizada pelo ZARC os parâmetros do solo utilizados para calcular a capacidade de água disponível (CAD) são a água disponível (AD) e a profundidade efetiva do sistema radicular. A AD é calculada pela diferença entre a capacidade de campo

Recebido em 13/09/2024. Aceito para publicação em 08/11/2024.

Editor de seção: João Frederico Mangrich dos Passos

¹ Eng.-agr. Pesquisadora da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - Epagri. Rodovia Admar Gonzaga, 1347, Florianópolis, SC. E-mail: elisangelasilva@epagri.sc.gov.br, cristina@epagri.sc.gov.br, gabriel@epagri.sc.gov.br

² Eng.-agr. Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Campus do Vale - Av. Bento Gonçalves, 7712 - Agronomia, Porto Alegre, RS. E-mail: giasson@ufrgs.br

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i3.1919>

e o ponto de murcha permanente. Até 2021, o ZARC utilizava a Instrução Normativa n. 02/2008 (Brasil, 2008) com apenas três classes de água disponível (AD) para o cálculo da CAD, definidas a partir dos teores de areia total e de argila em três tipos de solos (Tipo 1 teor de argila entre 10% e 15% de argila, Tipo 2 entre 15% e menor do que 35% de argila e Tipo 3 maior ou igual a 35% de argila) e uma profundidade efetiva fixada em 50cm para todas as culturas. Em 2022, a metodologia foi atualizada e entrou em vigor, apenas para a cultura da soja, a IN 01/2022 (Brasil, 2022) que estabelece seis classes de água disponível (AD) no solo (Araújo Filho *et al.*, 2022) definidas por uma função de pedotransferência a partir dos teores de areia total, silte e argila do solo na camada de 0 a 40cm de profundidade. A classificação dos solos em três tipos dada pela IN 02/2008 ainda está vigente, mas será gradualmente substituída pela IN 01/2022, que utiliza seis classes de AD. Ambas coexistirão por um período de transição. A análise granulométrica, com teores de argila, silte e areia, tem alta correlação com a AD (Bortolini e Albuquerque, 2018; Costa *et al.*, 2013), tornando-se essencial para ambas as normativas, sendo ainda mais necessária à medida que a IN 01/2022 substitui a IN 02/2008, já que não há correspondência direta entre os dois sistemas de classificação. Os métodos de referência padrão são utilizados para a determinação da granulometria do solo. Entretanto, esses métodos utilizam reagentes químicos, geram resíduos e consomem recursos financeiros e tempo ao analisar grandes volumes de amostras.

Um método alternativo é o uso da espectroscopia de reflectância difusa que vem sendo aplicado na caracterização e predição de diversas características do solo nos últimos 30 anos com aumento significativo na última década (Demattê *et al.*, 2019a; Thomas *et al.*, 2021; Ahmadi *et al.*, 2021; Demattê *et al.*, 2022). No solo, a resposta espectral na região do visível (VIS), do infravermelho próximo (NIR), do infravermelho de ondas curtas (SWIR)

(350-2500nm) e do infravermelho médio (MIR) (2500-25.000nm) vem sendo usada como padrão espectral para imagens de satélite (Demattê *et al.*, 2018; Mendes *et al.*, 2019), na caracterização e modelagem de predição de atributos físico, químicos e biológicos do solo (Silva *et al.*, 2019; Demattê *et al.*, 2019a; Mendes *et al.*, 2022; Paiva *et al.*, 2022; Demattê *et al.*, 2022; Piccini *et al.*, 2024; Hosseini *et al.*, 2024), impulsionando esforços na criação de bibliotecas espectrais de solos (Demattê *et al.*, 2019a; Baumann *et al.*, 2021; Summerauer *et al.*, 2021 Shepherd *et al.*, 2022). Recentemente desperta atenção de laboratórios em todo o mundo e vem sendo promovida pela Rede Mundial de Laboratórios de Solos (GLOSOLAN) como técnica complementar aos métodos de via úmida (Demattê *et al.*, 2019a; Benedetti e Egmond, 2021; Demattê *et al.*, 2022). A espectroscopia apresenta menor variação nos resultados das análises em comparação aos métodos tradicionais de laboratório, o que indica maior consistência e precisão nas medições (Soriano-Disla *et al.*, 2014; Demattê *et al.*, 2019b; Piccini *et al.*, 2024), aumentando a confiabilidade dos dados e reduzindo a necessidade de repetição das análises. Estudos aplicando espectroscopia de solos são incipientes em Santa Catarina e este é o primeiro trabalho com uso de uma biblioteca espectral regional de solos. Este estudo teve como objetivo avaliar a eficácia da espectroscopia de reflectância do solo associada a um modelo de *machine learning* na predição dos teores de argila e areia do solo utilizados na classificação do solo para fins de seguro agrícola.

Material e métodos

Para o desenvolvimento do estudo foi criada uma biblioteca espectral de solos para avaliar o desempenho da espectroscopia na região do VIS-NIR-SWIR na predição dos teores de argila e areia total através do modelo Cubist. Todas as análises foram realizadas no R (R Core Team, 2021).

Biblioteca Espectral de Solos de SC

Para a criação da biblioteca espectral de solos foi utilizado um banco de 1.533 amostras físicas de solos coletadas em 260 dos 295 municípios do estado de Santa Catarina, SC (Veiga *et al.*, 2012). As curvas espectrais das 1.533 amostras físicas de solos foram obtidas em 2016 utilizando um espectrorradiômetro modelo *FieldSpec 3* (Analytical Spectral Devices, Boulder, EUA) na faixa de 350-2500nm (VIS-NIR-SWIR) do espectro eletromagnético, seguindo o protocolo da Biblioteca Espectral de Solos do Brasil (Romero *et al.*, 2018).

Para cada amostra, aproximadamente 15cm³ de solo foram colocados em uma placa de Petri e nivelados para garantir uma superfície plana para leitura do espectro. O sensor capturou a luz através de um cabo de fibra óptica conectado ao sensor posicionado verticalmente a 8cm da amostra, onde foi medida a luz refletida em uma área de aproximadamente 2cm² no centro da amostra. Como padrão de referência, uma placa Spectralon® branca foi utilizada antes da digitalização e a cada 20 leituras do sensor para calibração radiométrica.

Modelagem por machine learning

O conjunto de dados foi dividido aleatoriamente em um conjunto de treinamento [1.150 amostras ~75%] e um de validação independente [383 amostras ~25%]. Foram aplicadas análises estatísticas descritivas para resumir os dois conjuntos de dados (Tabela S1). O teste de Levene seguido do teste t foi utilizado para verificar a suposição de que as variâncias eram iguais entre os valores de argila e areia total nos grupos de treinamento e validação com nível de significância de 5% e para determinar a existência de diferença estatisticamente significativa entre as médias dos dois grupos não relacionados. O pré-processamento utilizado para correção das curvas espectrais foi o de *multiplicative scatter correction* (MSC) (Silva *et al.*, 2019).

O modelo Cubist foi utilizado para predição dos teores de argila e areia total a partir das curvas espectrais das amostras de solos. A variável resposta foi o teor de argila (%) ou de areia total (%) e as variáveis preditoras foram as 2100 bandas espectrais (350nm a 2500nm). O Cubist é um modelo baseado em uma árvore de decisão que constrói regressão linear multivariada nas folhas terminais da árvore (Holmes; Hall; Prank, 1999), em vez de usar valores discretos em cada folha de uma árvore de decisão. A acurácia do modelo foi avaliada comparando os teores estimados pelo modelo e os teores de referência medidos no laboratório pelo coeficiente de determinação (R^2) e raiz do erro quadrático médio de predição (RMSE).

Neste trabalho, foram apresentadas as estatísticas dos dados de treinamento e validação (Tabela S1), mas os resultados discutidos priorizaram apenas os dados do conjunto de validação. Isso porque esses dados indicam a capacidade do modelo de generalizar para amostras não incluídas no treinamento, ajudando a identificar problemas de *overfitting* e a otimizar os hiperparâmetros, garantindo um melhor desempenho em dados não vistos.

Matriz de confusão

Uma matriz de confusão foi utilizada para descrever a coocorrência dos tipos de solos, utilizando o cálculo da concordância (A) e da concordância global (OA). A IN 02/2008 considera três tipos de solos que variam em função da textura, como segue: Tipo 1 – teor de argila variando de 10% a 15% ou superior a 15% quando areia total menos argila for maior ou igual a 50% (tipo de solo com restrições para apoio financeiro em regiões agrícolas com mais de 20% de risco de seca); Tipo 2 - teor de argila variando de 15% a menos de 35% com areia total menos argila menor que 50% (tipo de solo sem restrições de apoio financeiro); Tipo 3 - teor de argila igual ou superior a 35% (sem restrições de apoio financeiro). Na IN 02/2008, às classes de AD são predefinidas com

base no tipo de solo: tipo 1 ($AD=0,7\text{mm cm}^{-1}$), tipo 2 ($AD=1,1\text{mm cm}^{-1}$) e tipo 3 ($AD=1,5\text{mm cm}^{-1}$). Neste estudo foi considerado um quarto tipo de solo para incluir as amostras de solos com teores de argila menores de 10%: Tipo 0 - teor de argila inferior a 10%. Este tipo de solo é considerado inapto para apoio financeiro pelo Mapa.

Para classificar as amostras na nova metodologia utilizada pelo Mapa (Teixeira *et al.*, 2021), foi aplicada a FTP descrita na IN 01/2022, com os teores medidos e preditos de argila e areia total do conjunto de validação obtidos pelo Cubist. Para maiores informações sobre a FTP utilizada, consultar Teixeira *et al.* (2021). Os teores de argila e areia total medidos e preditos pelo modelo Cubist foram classificados de acordo com os tipos definidos pelas IN de 2008.

Resultados e discussão

Atributos do solo

As 1.533 amostras de solos apresentaram teores de argila variando de 0,0 a 77,0%, com valor médio de 38,25%, teores de areia total variando entre 1,0 e 99,0%, com valor médio de 28,85%, indicando grande variabilidade da distribuição do tamanho das partículas (Tabela S1). As frações texturais apresentaram distribuição próxima da normal, conforme indicado por seu valor médio com assimetria fraca e positiva (Tabela S1). O teor de areia total apresentou os maiores coeficientes de variação e assimetria,

indicando alta dispersão em relação à média.

Caracterização das curvas espectrais

Foi observada grande variação nas características das curvas espectrais das 1.533 amostras de solos. As variações de intensidade de reflectância, forma e características de absorção (profundidade e amplitude) das curvas espectrais das amostras refletem a alta variabilidade encontrada em termos de material de origem e classes texturais dos solos em SC. O aumento do teor de areia total nas amostras dos solos dos tipos 0 e 1 (Figura 1) aumentou a intensidade de reflectância do solo em toda a faixa do VIS-NIR-SWIR, enquanto as amostras com maiores teores de argila tiveram menor intensidade de reflectância na mesma faixa espectral. Em média, os teores medidos de areia total foram de 80%, 60%, 37% e 17% nos tipos de solos 0, 1, 2 e 3, respectivamente. Além disso, pode-se observar uma alteração angular, aspecto ascendente (Figura 1), nas curvas espectrais do tipo de solo 3 para o tipo de solo 0 devido à influência do quartzo na faixa SWIR (de 1.500 a 2.500nm), em concordância com observações de Demattê *et al.* (2019) em solos do bioma Mata Atlântica. O aspecto ascendente mostra um aumento na intensidade e na forma das curvas espectrais no SWIR à medida que a amostra contém maiores teores de areia total. Por outro lado, amostras com grandes teores de argila (solo do tipo 3) na faixa do VIS-NIR-

Tabela 1. Análise estatística descritiva dos teores de argila e areia medidos pelo método de referência e preditos pelo modelo Cubist, no conjunto de validação (383 amostras).

Table 1. Descriptive statistical analysis of clay and sand contents measured by the reference method and predicted by the Cubist model in the validation set (383 samples)

	Método laboratório (%)		Modelo Cubist (%)	
	Argila	Areia Total	Argila	Areia Total
Mínimo	0,00	2,00	1,00	4,00
Mediana	35,00	26,00	35,80	26,50
Média	37,50	29,80	37,80	29,00
Máximo	77,00	97,00	70,60	92,00
Desvio padrão	17,50	20,40	15,08	15,80
Coefficiente de variação	46,80	68,00	40,00	54,00

*Os teores de silte foram calculados por diferença entre os teores de argila e areia.

SWIR apresentaram menor refletância devido à influência dos óxidos de ferro e minerais opacos que absorvem energia nesta faixa (Lacerda *et al.*, 2016) (Figura 1). De acordo com Stevens *et al.* (2013), variações no teor de argila geram grandes diferenças na forma da curva espectral, sendo que com teores de argila mais baixos ocorre aumento da profundidade das feições de absorção relacionadas ao grupo OH e a ligação metal-OH na rede cristalina mineral e o íon OH e a molécula de água (H₂O). Solos argilosos exibem curvas espectrais mais planas em comparação com os solos arenosos, variando de forma semelhante à medida que a intensidade de reflectância aumenta (Demattê *et al.*, 2018). Uma série lógica de reflectância que aumenta do tipo 3 < 2 < 1 < 0 (Figura 1) mostrou uma estreita relação entre características espectrais de refletância do solo e os teores de areia total e argila das amostras de solos coletadas, permitindo a separação em classes texturais distintas, conforme observado em estudos anteriores de Lacerda *et al.* (2016); Dotto *et al.* (2016) e Silva *et al.* (2019).

Performance do modelo Cubist na predição dos teores de argila

O teste de Levene indicou igualdade de variância (p-valor = 0,18) e o teste "t" de Student demonstrou que não houve diferença significativa (p-valor = 0,44), no nível de significância $\alpha = 0,05$, para os teores de argila e a areia total na comparação dos conjuntos de treinamento e validação (Tabela S1). Somente os resultados da predição do conjunto de validação foram apresentados neste trabalho (Tabela 1).

Os resultados do conjunto de validação mostraram bom desempenho preditivo ($R^2=0,81$; RMSE=7,4%; RPIQ=3,62 e $R^2=0,73$; RMSE=10,46%; RPIQ=2,64) para os teores de argila e areia total, respectivamente (Figura S1). Os trabalhos publicados por, Cezar *et al.* (2019), Jaconi *et al.* (2019) e Ahmadi *et al.* (2021) apresentaram resultados semelhantes na predição de atributos do solo a partir de dados espectrais. Os resultados estão de acordo com os reportados por Zhang *et al.* (2023), que compararam o uso dos algoritmos de regressão por

mínimos quadrados parciais (PLSR), Cubist e Floresta Aleatória (RF) na predição de sete atributos do solo, entre eles, argila, silte e areia a partir de uma biblioteca espectral na região do VIS-NIR-SWIR com 1.430 amostras de solos regionais da China. O Cubist teve melhor performance em relação aos demais algoritmos para a maioria dos atributos do solo com $R^2=0,81$; RMSE=6,5%, $R^2=0,61$; RMSE=11,8% e $R^2=0,54$; RMSE=9,5% para argila, areia e silte, respectivamente. Viscarra Rossel e Webster (2012) usaram o Cubist na predição de 24 atributos do solo, incluindo argila, silte e areia total, com um conjunto nacional de dados de solo da Austrália com 21.493 amostras. Eles encontraram RMSE=8,5% e RMSE=12,0% para os teores de argila e areia total respectivamente, concluindo que o Cubist prevê bem o teor de areia total e argila, funcionando de forma eficaz com conjuntos de dados grandes e diversos.

Entretanto, em uma revisão sistemática e metanálise realizada por Ahmadi *et al.*, (2021) sobre a capacidade da espectroscopia de reflectância na região do VIS-NIR-SWIR na predição de diversos atributos do solo foi constatado que as melhores predições foram alcançadas para os teores de carbono e nitrogênio e as piores para silte a argila. Os autores destacam que a textura do solo é um atributo mais difícil de ser predito por algoritmos de *machine learning* devido a sua natureza composicional, ou seja, a textura é determinada pelas proporções relativas de todo o solo e devem sempre somar 100%. Para os autores, uma alternativa para melhorar a predição da textura do solo seria modelar simultaneamente as três frações aplicando uma transformação de razão logarítmica nos dados, como sugeriram Jaconi *et al.*, (2019). Estudos mostram que, embora a modelagem composicional traga vantagens em termos de precisão, ela requer técnicas estatísticas específicas e pode ser mais complexa do que a abordagem tradicional que modela os teores separadamente (Zhang; Shi e Xu, 2020).

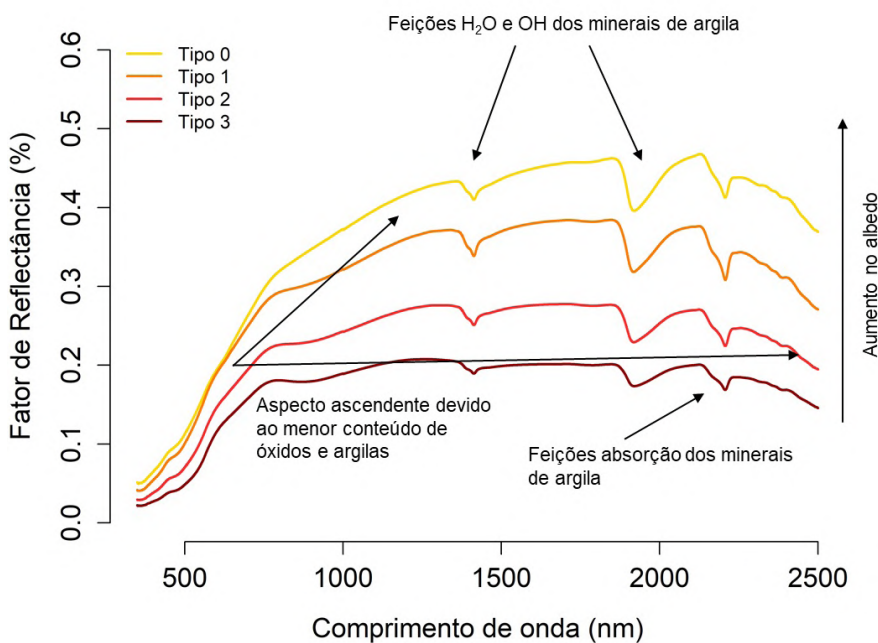


Figura 1. Curvas espectrais de reflectância média do solo das 1533 amostras classificadas segundo a IN 02/2008 do Mapa
 Figure 1. Average soil reflectance spectral curves of the 1533 samples classified according to IN 02/2008 of Mapa

A Figura S1 mostra os gráficos de dispersão dos teores preditos versus teores medidos dos teores de argila e areia total usando o modelo Cubist-MSC para os conjuntos de validação (383 amostras).

Matriz de confusão IN 02/2008

A matriz de confusão determinou o número de amostras corretamente classificadas nos quatro tipos de solos segundo a IN 02/2008 (Tabela 2) ao comparar os tipos de solos com base nos dados de laboratório e tipos de solos classificados pelo Cubist. A maioria das amostras (320/383) foi classificada corretamente nos tipos 0 (73%), 1 (33%), 2 (75%) e 3 (86%) com OA=80% (0.80) (Tabela 2, Figura 2). Resultados semelhantes foram observados por Dotto *et al.* (2016), que utilizaram o VIS-NIR-SWIR para predição dos teores de argila e agruparam o solo nos tipos texturais da IN 02/2008 na bacia hidrográfica do Rio Marombas, SC. Segundo os autores, o melhor desempenho foi encontrado para os solos do tipo 3, seguido pelo tipo 2 e com pior desempenho para o tipo 1.

Na predição com o modelo Cubist, o tipo de solo 0 apresentou boa concordância, com 80,0% para o conjunto de validação (Tabela 3). Este resultado é significativo porque amostras com menos que 10% de argila podem ser excluídas do seguro agrícola, uma vez que culturas estabelecidas em solos com teores de argila inferiores a este percentual não são elegíveis para financiamento agrícola, de acordo com a IN n. 02/2008. Nas predições, o tipo de solo 0 foi confundido com os tipos de solo 1 e 2 em 10% do conjunto de dados (Figura 2, Tabela 3). O erro de alocação do tipo de solo 0 no tipo de solo 2 (10,0%) é um erro importante se considerarmos que solos com essas diferentes texturas são considerados de forma distinta na concessão de seguro agrícola. O tipo de solo 0 possui sérias limitações em termos de retenção de água e menor capacidade de suportar o cultivo sob estresse hídrico, devido

Tabela 2. Matriz de confusão das amostras de solo do conjunto de validação gerada a partir da similaridade entre os tipos de solos: 0, 1, 2 e 3

Table 2. Confusion matrix of the soil samples from the validation set generated based on the similarity between soil types: 0, 1, 2, and 3

Medidos	Preditos				Total
	Conjunto validação (n=383)				
Concordância (%)					
Tipos	0	1	2	3	Total
0	8 (73%)	3	0	0	11
1	4	4 (33%)	4	0	12
2	2	12	114 (75%)	24	152
3	0	0	29	179 (86%)	208
Total	14	19	147	203	383

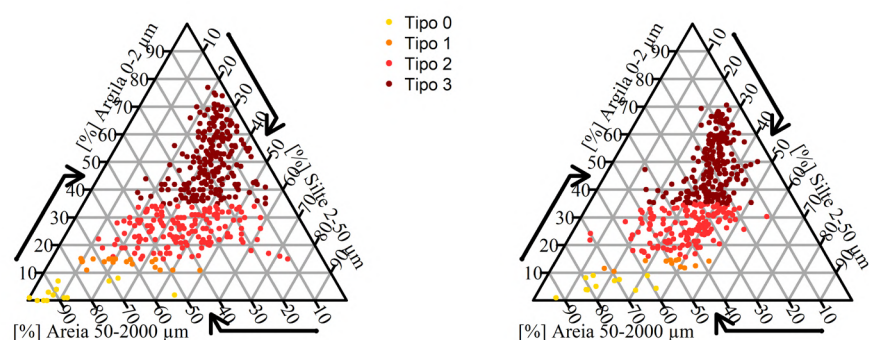


Figura 2. Gráfico ternário da distribuição granulométrica das 383 amostras medidas em laboratório (esquerda) e preditas pelo Cubist (direita), do conjunto de validação classificadas conforme a IN 02/2008

Figure 2. Ternary plot of the particle size distribution of the 383 samples measured in the laboratory (left) and predicted by the Cubist model (right), from the validation set classified according to IN 02/2008

aos elevados teores de areia (Costa *et al.*, 2013), sendo por isso considerado inapto pela IN 02/2008, enquanto o solo tipo 2 não apresenta restrições. Os principais erros devem-se à superestimação dos tipos de solo 0 e 1. Esses dois tipos de solo representavam uma parte relativamente pequena do conjunto de dados, com apenas 48 e 50 amostras, respectivamente. Essa quantidade limitada de amostras pode ter contribuído para a dificuldade em modelá-los com precisão, resultando na superestimação. Em Santa Catarina, esses solos ocorreram de forma predominante no litoral sul do Estado.

Para o tipo de solo 1, cerca de 77% das amostras foram classificadas incorretamente nos tipos de solo 2 e 0 (Figura 2). Esse erro de classificação é prejudicial, uma vez que o tipo de solo

1 é dominado pela fração areia e o tipo de solo 2 é um solo de textura média. Portanto, o comportamento desses dois solos difere consideravelmente em relação ao manejo e à disponibilidade de água, sendo considerados distintos na concessão do seguro agrícola. O tipo de solo 1 apresenta restrições para apoio financeiro segundo a IN 02/2008 por apresentar menores conteúdos de AD (1,1mm cm⁻¹). A capacidade desse tipo de solo em armazenar água por um determinado período de tempo é menor, aumentando a vulnerabilidade ao risco de perdas dos cultivos por estresse hídrico. A predição do tipo de solo 1 também apresentou acurácia menor que o tipo de solo 0, conforme índice de concordância de 33% (Tabela 2). Esse fraco desempenho não era esperado, uma vez que o teor de argila

é maior para o tipo de solo 1 do que para o tipo de solo 0. Uma possível explicação seria que o erro de predição do modelo (RMSE=7,3%) é maior que o limite da faixa dos teores de argila permitidos para o tipo de solo 1, de 5% ($\geq 10\%$ e $< 15\%$), enquanto que no tipo de solo 0 são inferiores a 10% ($< 10\%$).

Zeng *et al.* (2017) afirmaram que, ao trabalhar com sistemas de classificação, a precisão da alocação do solo depende não apenas da precisão do modelo de predição do atributo alvo, mas dos limites exigidos (intervalo) entre as classes. A arbitragem no estabelecimento de uma pequena faixa do tipo de solo 1 pela regulamentação do Mapa (IN 02/2008) pode prejudicar os enquadramentos dos solos por limitações dos métodos de análise usados em laboratório. Por exemplo, o tipo de solo 1 foi superestimado como tipo de solo 2 em 44% no conjunto de validação (Tabela 2). Para aplicações de seguros, isso pode beneficiar áreas de cultivo com restrições de apoio financeiro, nas quais o comportamento do solo difere consideravelmente do tipo de solo 2 e elevar o risco agrícola. O tipo de solo 2 foi confundido principalmente com o tipo de solo 3 no conjunto de validação (13%), seguida pelo tipo 1 (5%) e tipo 0 (3%). O teor de argila é um atributo que influencia indiretamente os espectros de solo na região do VIS-NIR-SWIR (Vasques *et al.*, 2014) e, portanto, pequenas diferenças no teor de argila provavelmente não foram capturadas pelo modelo Cubist, causando erros de classificação entre os tipos de solo 2 e 3. O tipo de solo 3 foi discriminado dos tipos 0 e 1 em 100% da classificação e foi confundido com o tipo de solo 2 em apenas 10% das predições. Esse resultado está de acordo com Franceschini *et al.* (2013), que obtiveram melhores resultados entre estimativa laboratorial e VIS-NIR-SWIR para classes com altos teores de argila (AO = 69,8%) utilizando um pequeno conjunto de dados de 129 amostras de solo coletadas em diferentes locais da Região Centro-Oeste do Brasil, embora com pouca discriminação para classes com baixos teores de argila.

O sistema de seguro agrícola depende da classificação dos tipos de solo, já que solos com maior teor de argila, como os tipos 2 e 3, têm maior capacidade de retenção de água e, portanto, oferecem menor risco agrícola. Por outro lado, solos mais arenosos, como o tipo 1, são considerados de maior risco e podem não ser elegíveis para financiamento agrícola, especialmente quando o teor de argila é muito baixo, como o solo tipo 0 considerado inapto pela IN 02/2008. Assim, a superestimação do tipo de solo 0 ou a confusão entre os tipos 1 e 2 pode resultar na concessão de seguros para áreas que, na prática, apresentam maior vulnerabilidade agrícola, o que poderia gerar prejuízos tanto para os agricultores quanto para as seguradoras.

Enquadramento na IN 01/2022

O conjunto de validação das amostras de solos com os teores medidos e preditos pelo modelo Cubist, tendo as curvas espectrais como variáveis predictoras, foram classificadas e as legendas apresentadas na escala de teores de AD, segundo a IN 01/2022. A Figura 3 apresenta os gráficos ternários da distribuição da água disponível das 383 amostras do conjunto de validação medidas em laboratório e preditas pelo Cubist (Figuras 3).

Os valores de AD, obtidos com a FTP definida pela IN 01/2022 apresentaram

uma variação de $0,20\text{mm cm}^{-1}$ a $2,30\text{mm cm}^{-1}$, com uma média de $1,197\text{mm cm}^{-1}$ para os teores de argila, silte e areia medidos em laboratório. Para as frações granulométricas preditas pelo Cubist, os valores mínimos e máximos foram de $0,33\text{mm cm}^{-1}$ e $1,81\text{mm cm}^{-1}$, respectivamente, com uma média de $1,20\text{mm cm}^{-1}$. A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2021) publicou um mapa com os resultados de CAD, calculados pela diferença da água disponível na CC e no PMP, para todo o Brasil com valores calculados para SC de $0,55\text{mm cm}^{-1}$ a $1,57\text{mm cm}^{-1}$. Araújo Filho *et al.* (2022) elaboraram um catálogo de AD de solos do Brasil, sendo que para SC os valores de AD variaram de $0,40\text{mm cm}^{-1}$ a $1,94\text{mm cm}^{-1}$. Os autores observaram que, isoladamente, a textura apresenta maior potencial de explicar as variações da AD nos solos mais arenosos, mas sua importância diminui gradativamente à medida que o teor de argila aumenta e as características taxonômicas nos solos mais argilosos passam a exercer maior influência nos valores de AD do que os grupamentos texturais. Bortolini e Albuquerque (2018) relataram em um estudo com 70 perfis de solos totalizando 296 horizontes pedogenéticos de Santa Catarina que isso pode ser explicado pela relação não linear entre argila e retenção de água

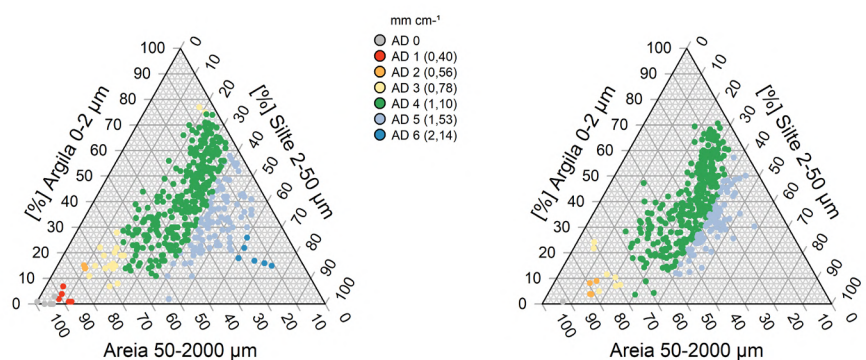


Figura 3. Gráficos ternários da distribuição da água disponível das 383 amostras do conjunto de validação medidas em laboratório (esquerda) e preditas pelo Cubist (direita), conforme IN 01/2022

Figure 3. Ternary plots of the available water distribution of the 383 samples from the validation set measured in the laboratory (left) and predicted by the Cubist model, according to IN 01/2022

e que os solos mais argilosos também apresentam modificações em sua estrutura, o que altera a distribuição do tamanho dos poros e a retenção de água. Os valores de AD obtidos com este estudo se aproximaram dos valores de AD obtidos por Araújo Filho *et al.* (2022). Embora tenha usado conjuntos de dados diferentes, a FPT utilizada foi a mesma.

Na Figura 3, a relação entre AD e a distribuição granulométrica das amostras, definida pela nova metodologia (vigente apenas para a soja), mostra que as classes média-argilosa, argilosa, média-siltosa e siltosa apresentaram os maiores valores de AD. Por outro lado, as classes com menores valores de AD foram média-arenosa, arenosa-média e muito arenosa. Uma clara diferença entre as duas classificações pode ser observada nas Figuras 2 e 3. O tipo de solo 3, conforme definido pela IN 02/2008, apresentou os maiores valores de AD (1,5mm cm⁻³). Isso indica que, à medida que o teor de argila nas amostras de solo aumenta, os valores de AD também se elevam. Os solos com teores de argila acima de 35% apresentaram valores mais elevados de AD; no entanto, ao aplicar a FTP proposta pela IN 01/2022, esse aumento gradual do percentual de argila não resultou em um aumento direto da AD. Solos com valores mais elevados de AD foram observados nas classes média-siltosa e siltosa, como relatado por Teixeira *et al.* (2021) e Araújo Filho *et al.* (2022). Os menores valores de AD foram observados nas classes texturais muito arenosa, arenosa-média e média-arenosa em ambas classificações (Figuras 2 e 3). Na IN 02/2008 o tipo de solo 0 é considerado como inapto (AD < 0,7mm cm⁻³), enquanto que na IN 01/2022, apenas as amostras com valores de AD = 0.34mm cm⁻³ são enquadradas no tipo de solo 0 e consideradas de alto risco/inaptas ao cultivo agrícola. Entretanto, solos arenosos com maiores teores de areia fina e matéria orgânica podem apresentar valores de AD elevados, assim como solos com os mesmos teores de argila, mas com tamanhos de partículas diferentes e mineralogias

distintas, também podem apresentar valores diferentes de AD quando comparados entre si (Costa *et al.*, 2013).

Conclusões

Este estudo comprova a eficácia da análise de solo utilizando espectroscopia de reflectância nas regiões VIS-NIR-SWIR, aliada a modelos de aprendizado de máquina, na predição dos teores de argila e areia total.

A matriz de confusão evidenciou que a maioria das amostras foi corretamente classificada, mas também destacou erros importantes associados às próprias regras da IN 02/2008, o que pode potencialmente impactar o manejo agrícola e a concessão de seguro.

Dada a estreita relação entre a espectroscopia VIS-NIR-SWIR e os métodos laboratoriais tradicionais, esta técnica pode ser recomendada como um método complementar para a quantificação de atributos do solo, especialmente em situações que envolvem um grande volume de amostras.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO—COORDENAÇÃO DE ESTUDOS SETORIAIS (Brasília). **Capacidade de água disponível – CAD ou AWC dos solos do Brasil**. Brasília: ANA, 2021. 1 mapa. Escala 1:250.000. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/28fe4baa-66f3-4f6b-b0d2-890abf5910c4>. Acesso em: 19 agosto 2023.

AHMADI, A.; EMAMI, M.; DACCACHE, A.; HE, L. Soil properties prediction for precision agriculture using visible and near-infrared spectroscopy: A systematic review and meta-analysis. *Agronomy*, v.11, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11030433>.

ARAÚJO FILHO, J.C.; BARROS, A.H.C.; GALVÃO, P.V.M.; TEIXEIRA, W.G.; LIMA, E.P.; VICTORIA, D.C.; ANDRADE JUNIOR, A.S.; XAVIER, J.P.S.; LUMBRERAS, J.F.;

COELHO, M.R.; MANSILLA BACA, J.F.; MONTEIRO, J.E.B.A.; OLIVEIRA, F.C.S.F.; SILVA FILHO, A.D.; BARROS, J.P.F.G. **Avaliação, predição e mapeamento de água disponível em solos do Brasil**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2022. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento/Embrapa Solos, ISSN 1678-0892; 282). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1143345/avaliacao-predicao-e-mapeamento-de-agua-disponivel-em-solos-do-brasil>. Acesso em: 19 agosto 2023.

BAUMANN, P.; HELFENSTEIN, A.; GUBLER, A.; KELLER, A.; MEULI, R. G.; WÄCHTER, D.; LEE, J., VISCARRA ROSSEL, R.; SIX, J. Developing the Swiss mid-infrared soil spectral library for local estimation and monitoring. *Soil*, v.7, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5194/soil-7-525-2021>.

BENEDETTI, F.; van EGMOND, F. **Global Soil Spectroscopy Assessment. Spectral soil data: needs and capacities**. Rome: FAO, 2021. DOI: <https://doi.org/10.4060/cb6265en>.

BORTOLINI, D.; ALBUQUERQUE, J.A. Estimation of the retention and availability of water in soil of the state of Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.42, e0170250, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170250>.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 2 de 09 de outubro de 2008**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, [2008]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/documentos/INn2de09.10.2008.pdf/view>. Acesso em: 10 abril 2016.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 1 de 21 de junho de 2022**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, [2022]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/>

- documentosrmativan1de21dejunhode-2022site.pdf/view. Acesso em: 10 jul 2022.
- CEZAR, E.; NANNI, M.R.; GUERRERO, C.; SILVA JUNIOR, C.A.; CRUCIOL, L.G.T.; CHICATI, M.L.; SILVA, G.F.C. Organic matter and sand estimates by spectroradiometry: strategies for the development of models with applicability at a local scale. **Geoderma**, v.340, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.01.021>.
- COSTA, A.; ALBUQUERQUE, J.A.; COSTA, A.; PÉRTILE, P.; SILVA, F.R. Water retention and availability in soils of the state of Santa Catarina-Brasil: Effect of textural classes, soil classes and lithology. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000600010>.
- DE CARVALHO, A. L.; SANTOS, D. V.; MARENGO, J. A., COUTINHO; S. M. V.; MAIA, S. M. F. Impacts of extreme climate events on Brazilian agricultural production. **Sustentabilidade em Debate**, v.11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v11n3.2020.33814>.
- DEMATTÊ, J. A. M.; FONGARO, C. T.; RIZZO, R.; SAFANELLI, J. L. Geospatial Soil Sensing System (GEOS3): A powerful data mining procedure to retrieve soil spectral reflectance from satellite images. **Remote Sensing of Environment**, v.212, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.04.047>.
- DEMATTÊ, J.A.M.; DOTTO, A.D.; PAIVA, A.F.S., SATO, M.V.; DALMOLIN, R.S.D.; ARAÚJO, M.S.B.; SILVA, E.B.; NANNI, M.R.; TEN CATEN, A.; NORONHA, N.C.; LACERDA, M.P.C.; ARAÚJO FILHO, J.C.; RIZZO, R. BELLINASSO, H.; FRANCELINO, M.R.; SCHAEFEN, C.E.G.R.; VICENTE, L.E.; SANTOS, U.J.; SAMPAIO, E.V.S.B.; MENEZES, R.S.C.; SOUZA, J.J.L.L.; ABRAHÃO, W.A.P.; COELHO, R.M.; GREGO, C.R.; LANI, J.L.; FERNANDES, A.R.; GONÇALVES, D.A.M.; SILVA, S.H.G.; MENEZES, M.D.; CURI, N.; COUTO, E.G.; ANJOS, L.H.C.; CEDDIA, M.B.; PINHEIRO, E.F.M.; GRUNWALD, S.; VASQUES, G.M.; MARQUES JÚNIOR, J.; SILVA, A.J.; BARRETO, M.C.V.; NÓBREGA, G.N.; SILVA, M.Z.; SOUZA, S.F.; VALLADARES, G.S.; VIANA, J.H.M.; TERRA, F.S.; HORÁK-TERRA, I.; FIORIO, P.R.; SILVA, R.C.; FRADE JÚNIOR, E.F.; LIMA, R.H.C.; ALBA, J.M.F.; SOUZA JUNIOR, V.S.; SANTOS BREFIN, M.L.M.; RUIVO, M.L.P.; FERREIRA, T.O.; BRAIT, M.A.; CAETANO, N.R.; BRINGHENTI, I.; MENDES, W.S.; SAFANELLI, J.L.; GUIMARAES, C.C.B.; POPPIEL, R.R.; BARROS E SOUZA, A.; QUESADA, C.A.; COUTO, H.T.Z. The Brazilian Soil Spectral Library (BSSL): A general view, application and challenges. **Geoderma**, v.354, 2019a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.05.043>.
- DEMATTÊ, J.A.M.; DOTTO, A.C.; BEDIN, L.G.; SAYÃO, V.M.; BARROS E SOUZA, A. Soil analytical quality control by traditional and spectroscopy techniques: Constructing the future of a hybrid laboratory for low environmental impact. **Geoderma**, v.337, 2019b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.09.010>.
- DEMATTÊ, J.A.M.; PAIVA, A.F.S., POPPIEL, R.R.; ROSIN, N.A.; RUIZ, L.F.C.; MELLO, F.A.O.; MINASNY, B.; GRUNWALD, S.; GE, Y.; BEM DOR, E.; GHOLIZADEH, A.; GOMEZ, C.; CHABRILLAT, S.; FRANCO, N.; AYOUBI, S.; FIANTIS, D.; BINEY, J.K.M.; WANG, C.; BELAL, A.; NAIMI, S.; HAFSHEJANI, N.A.; BELLINASSO, H.; MOURA-BUENO, J.M.; SILVERO, N.E.Q. The Brazilian Soil Spectral Service (BraSpecS): A User-Friendly System for Global Soil Spectra Communication. **Remote Sensing**, v.14, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14030740>.
- DOTTO, A. C.; DALMOLIN, R.S.D.; ten CATEN, A.; MOURA-BUENO, J.M. Potential of spectroradiometry to classify soil clay content. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.40, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/018069657rbcs20151105>.
- FRANCESCHINI, M. H.D.; DEMATTÊ, J.A.M.; SATO, M.V.; VICENTE, L.E.; GREGO, C.R. et al. Abordagens semiquantitativa e quantitativa na avaliação da textura do solo por espectroscopia de reflectância bidirecional no VIS-NIR-SWIR. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013001200006>.
- HOLMES, G.; HALL, M.; PRANK, E. Generating rule sets from model trees. In: AUSTRALIAN JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 12., 1999, Sydney, **Proceedings**[...] Berlin, 1999.
- HOSSEINI, E.; ZAREI, M.; MOOSAVI, A.A.; GHASEMI-FASAEI, R.; BAGHERNEJAD, M.; MOZAFFARI, H. Feasibility of Vis-NIR spectroscopy approach to predict soil biological attributes in arid land soils. **PLoS ONE**, v.19, e0311122, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0311122>.
- JACONI, A.; VOS, C.; DON, A. Soil texture - Near infrared spectroscopy as an easy and precise method to estimate soil texture. **Geoderma**, v.337, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.10.038>.
- LACERDA, M.; DEMATTÊ, J.A.M.; SATO, M.V.; FONGARO, C.T.; GALLO, B.C.; SOUZA, A.B. Tropical texture determination by proximal sensing using a regional spectral library and its relationship with soil classification. **Remote Sensing**, v. 8, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs8090701>.
- MELSER, D.; LE, T.; RUTHBAH, U. Climate change and its impact on home insurance uptake in Australia. **Ecological Economics**, v.222, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108195>.
- MENDES, W.S.; DEMATTÊ, J. A. M.; ROSIN, N. A.; TERRA, F. S.; POPPIEL, R. R.; URBINA-SALAZAR, D. F.; BOECHAT, C. L.; SILVA, E. B.; CURI, N., SILVA, S. H. G.; Uemeson, J.S.; Valladares, G.S. The Brazilian soil Mid-infrared Spectral Library: The Power of the Fundamental Range. **Geoderma**, v.415, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115776>.
- MENDES, W.S.; MEDEIROS NETO, L.

- G.; DEMATTÊ, J. A. M.; GALLO, B. C.; RIZZO, R.; SAFANELLI, J. L.; FONGARO, C. T. Is it possible to map subsurface soil attributes by satellite spectral transfer models? **Geoderma**, v.343, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.01.025>.
- OECD-FAO. **Agricultural Outlook 2021-2030**. OECD Publishing, Paris, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1787/19991142>.
- PAIVA, A. F. S.; POPPIEL, R. R.; ROSIN, N. A.; GRESCHUK, L. T.; ROSAS, J. T. F.; DEMATTÊ, J. A. M. The Brazilian Program of soil analysis via spectroscopy (ProBASE): Combining spectroscopy and wet laboratories to understand new technologies. **Geoderma**, v.421, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115905>.
- PICCINI, C.; METZGER, K.; DEBAENE, G.; STENBERG, B.; GÖTZINGER, S.; BORŮVKA, L.; SANDÉN, T.; BRAGAZZA, L.; LIEBISCH, F. In-field soil spectroscopy in Vis–NIR range for fast and reliable soil analysis: A review. In **European Journal of Soil Science**, v.75, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejss.13481>.
- R CORE TEAM**. R: A language and environment for statistical computing. R version 4.1.1. Viena, Áustria: R Foundation for Statistical Computing, 2021. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 10 abril 2023.
- ROMERO, D. J.; BEN-DOR, E.; DEMATTÊ, J.A.M.; BARROS e SOUZA, A.; VICENTE, L.E.; TAVARES, T.R.; MARTELLO, M.; STRABELI, T.F.; BARROS, P.P.S.; FIORIO, P.R.; GALLO, B.C.; SATO, M.V.; EITELWEIN, M.T. Internal soil standard method for the Brazilian soil spectral library: Performance and proximate analysis. **Geoderma**, v.312, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.09.014>
- SHEPHERD, K.D.; FERGUSON, R.; HOOVER, D.; VAN EGMOND, F.; SANDERMAN, J.; GE, Y. A global soil spectral calibration library and estimation service. **Soil Security**, v.7, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2022.100061>.
- SILVA, E. B.; GIASSON, É.; DOTTO, A. C.; ten CATEN, A.; DEMATTÊ, J. A. M., BACIC, I. L. Z., VEIGA, M. A regional legacy soil dataset for prediction of sand and clay content with VIS-NIR-SWIR, in southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência Do Solo**, v.43, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20180174>.
- SORIANO-DISLA, J. M.; JANIK, L. J.; VISCARRA-ROSSEL, R. A.; MACDONALD, L. M.; MCLAUGHLIN, M. J. The performance of visible, near-, and mid-infrared reflectance spectroscopy for prediction of soil physical, chemical, and biological properties. **Applied Spectroscopy Reviews**, v.49, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/05704928.2013.811081>.
- STEVENS, A.; TÓTH M.N.G; MONATARELLA, L.; VAN WESEMAEL, B. Prediction of Soil Organic Carbon at the European scale by visible and near infrared reflectance spectroscopy. **PlosOne**, v.19, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0066409>.
- SUMMERAUER, L.; BAUMANN, P.; RAMIREZ-LOPEZ, L.; BARTHEL, M.; BAUTERS, M.; BUKOMBE, B.; REICHENBACH, M.; BOECKX, P.; KEARSLEY, E.; VAN OOST, K.; VANLAUWE, B.; CHIRAGAGA, D.; HERI-KAZI, A. B.; MOONEN, P.; SILA, A.; SHEPHERD, K.; BAZIRAKE MUJINYA, B.; VAN RANST, E.; BAERT, G.; SIX, J. The central African soil spectral library: A new soil infrared repository and a geographical prediction analysis. **Soil**, v.7, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5194/soil-7-693-2021>
- TEIXEIRA, W.G.; VICTORIA, D.C.; BARROS, A.H.C.; LUMBRERAS, J.F.; ARAÚJO FILHO, J.C.; SILVA, F.A.M.; LIMA, E.P.; BUENO FILHO, J.S.S.; MONTEIRO, J.E.B.A. Predição de água disponível no solo em função da granulometria para uso nas análises de risco no zoneamento agrícola de risco climático. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2021. (**Boletim de pesquisa e desenvolvimento/Embrapa Solos**, ISSN 1678-0892; 272).
- THOMAS, C. L.; HERNANDEZ-ALLICA, J.; DUNHAM, S. J.; MCGRATH, S. P.; HAEFELE, S. M. A comparison of soil texture measurements using mid-infrared spectroscopy (MIRS) and laser diffraction analysis (LDA) in diverse soils. **Scientific Reports**, v.11, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79618-y>
- VASQUES, G.M.; DEMATTÊ, J.A.M.; VISCARRA ROSSEL, R.A.; RAMIREZ-LÓPEZ, L.; TERRA, F.S. Soil classification using visible/near-infrared diffuse reflectance spectra from multiple depths. **Geoderma**, v.223-225, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.01.019>.
- VEIGA, M.; SANTOS, O. V.; HAMMES, L. A.; PANDOLFO, C. Distribuição espacial dos teores de argila, silte e areia na camada superficial do solo em Santa Catarina. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, SC, v.25, n.1, p. 63-68, 2012.
- VISCARRA ROSSEL, R. A.; WEBSTER, R. Predicting soil properties from the Australian soil visible-near infrared spectroscopic database. **European Journal of Soil Science**, v. 63, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2012.01495.x>.
- ZENG, R.; ROSSITER, D.G.; YANG, F.; LI, D-C.; ZHAO, Y-G.; ZHANG, G-L. How accurately can soil classes be allocated based on spectrally predicted physio-chemical properties. **Geoderma**, v.303, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.05.011>.
- ZHANG, M.; SHI, W.; XU, Z. Systematic comparison of machine-learning models in classification and interpolation of soil particle size fractions using diferent transformed data. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.24, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-24-2505-2020>.
- ZHANG, X., XUE, J., XIAO, Y., SHI, Z., CHEN, S. Towards Optimal Variable Selection Methods for Soil Property Prediction Using a Regional Soil Vis-NIR Spectral Library. **Remote Sensing**, v.15, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs15020465>.

Estabilidade produtiva e diferentes espaçamentos no cultivo anual do maracujazeiro 'SCS 437 Catarina' no município de Chapecó, Brasil

Rafael Roveri Sabião¹, Eduardo Cesar Brugnara², Victor Antenor Soares Barbosa³ Valeria Spagnol Vanin³

Resumo – O cultivo de maracujazeiro tem sido uma alternativa positiva para diversificação de renda em propriedades rurais do oeste catarinense. Entretanto, o custo de implantação, aliado à renovação anual do pomar frente ao vazio sanitário, torna necessário aumentar o rendimento da atividade. Dessa forma, a proposta do presente trabalho é apresentar os resultados de quatro safras consecutivas de maracujazeiro 'SCS 437 Catarina'. As avaliações de produção seguiram diferentes metodologias de seleção de plantas matrizes e diferentes espaçamentos entre plantas de maracujazeiro em cultivo anual a fim de se obter maiores produtividades. Neste trabalho avaliou-se a estabilidade genética do 'SCS 437 Catarina' quanto ao método de seleção de plantas, obtendo sementes de diferentes formas nas safras 2019/20, 2020/21 e 2021/22. Na safra 2022/23, o foco foi a avaliação de espaçamentos entre plantas, quando foram comparadas quatro diferentes tratamentos (0,5m, 1,0m, 1,5m e 2,0m), mantendo a mesma distância de 3,0m entre as linhas. Foram avaliados a produção por planta e o número de frutos, bem como a produtividade ($t\ ha^{-1}$) e a precocidade. Ao fim das quatro safras estudadas, conclui-se que as condições edafoclimáticas interferem demasiadamente no cultivo de maracujazeiro, de forma que as produtividades médias variaram independentemente do tratamento. Todavia, pode-se concluir que o 'SCS 437 Catarina' tem boa estabilidade genética, com resultados agronômicos indiferentes quanto ao método de seleção de plantas matrizes e para as condições de cultivo anual em Chapecó. O espaçamento de 0,5m x 3,0m, em sistema de condução em espaldeira, aumentou a produção por área.

Termos para indexação: *Passiflora*; Rendimento; Adensamento; Baixo custo.

Production stability and different spacing in the annual cultivation of the passion fruit 'SCS 437 Catarina' in the municipality of Chapecó, Brazil

Abstract – Passion fruit cultivation has been a positive alternative for income diversification on rural properties in western Santa Catarina. However, the cost of implementation combined with the annual renewal of the orchard due to the sanitary gap makes it necessary to increase the activity's yield. Thus, this work proposes to present the results of four consecutive harvests of passion fruit 'SCS 437 Catarina', with production evaluations following different methodologies of selection of mother plants and different spacing between passion fruit plants in annual cultivation, to obtain higher productivity. In this work, the genetic stability of 'Catarina' was evaluated regarding the plant selection method, obtaining seeds of different forms in the 2019/20, 2020/21 and 2021/22 harvests. In the 2022/23 harvest, the focus was on evaluating plant spacing, when four different treatments were compared (0.5m, 1.0m, 1.5m, and 2.0m), maintaining the same distance of 3.0m between rows. Production per plant and number of fruits were evaluated, as well as productivity (t/ha) and precocity. At the end of the four harvests studied, it was concluded that soil and climate conditions interfere too much with passion fruit cultivation, so average productivity varied regardless of the treatment. However, it can be concluded that 'Catarina' has good genetic stability, with agronomic results indifferent to the method of selection of mother plants and to the annual cultivation conditions in Chapecó. The spacing of 0.5m x 3.0m, in an espalier training system, increased production per area.

Index terms: *Passiflora*; Yield; Density; Low cost.

Introdução

O maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims) (Bernacci *et al.*, 2008) é a principal espécie cultivada do gênero, nativo do Brasil, que é o maior produ-

tor mundial e consumidor da fruta e seus derivados. Os cultivares de casca amarela são os preferidos do mercado e, além disso, o suco de maracujá tem destaque nacional como segundo mais consumido, atrás apenas do suco de la-

ranja (Nogueira *et al.*, 2013; Junghans, 2022).

Santa Catarina, terceiro maior produtor do fruto no país, ganhou destaque nacional como um dos principais produtores de maracujá-azedo nos últimos

Recebido em 25/10/2024. Aceito para publicação em 12/11/2024.

Editor: Luiz Augusto Martins Peruch

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i3.1947>

¹ Engenheiro-agrônomo, Dr., Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri, Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar – Cepaf, Rua Ferdinando Ricieri Tusset, s/n, São Cristóvão, Chapecó-SC, 89803-904, e-mail: rafaelSabiao@epagri.sc.gov.br.

² Engenheiro-agrônomo, MSc., Pesquisador da Epagri/Cepaf, e-mail: eduardobugnara@epagri.sc.gov.br.

³ Acadêmico(a) de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, Rodovia SC-484, Km 02, Fronteira Sul, Chapecó, SC, 89815-899, e-mail: victorantenorcec@gmail.com, valeriasvanin@hotmail.com.

anos, por sua excelência em qualidade para o mercado *in natura*, expandindo a área cultivada principalmente em pequenas propriedades de agricultores familiares do Sul Catarinense. O 'SCS 437 Catarina' é um maracujazeiro de produção precoce e uniforme, com produtividades médias de 20 a 24t ha⁻¹, cultivado desde o litoral até o Oeste Catarinense, em áreas pouco sujeitas a geadas tardias (Petry *et al.*, 2019; Petry *et al.*, 2022).

A seleção dos frutos para a obtenção de sementes do maracujazeiro 'SCS 437 Catarina', que é uma variedade de polinização aberta, deve ser realizada criteriosamente, para que não ocorra perda de características agrônomicas típicas do cultivar (Silva *et al.*, 2019). A estabilidade deste material genético ao longo de sucessivas gerações de segregação e seleção para produção de sementes pelo produtor é desconhecida, o que sugere a avaliação produtiva das gerações obtidas de acordo com a metodologia proposta.

O cultivo do maracujazeiro passa por ascensão e declínio nas regiões produtoras, que estão relacionados principalmente à ocorrência de doenças. Normalmente, preconizavam-se ciclos de cultivo de até três anos, mas em regiões com problema de virose foi necessário adotar a renovação anual e o vazio sanitário. A virose do endurecimento dos frutos do maracujazeiro (VEFM), causada pelo *Cowpea aphid-borne mosaic virus (CABMV)*, trouxe a necessidade de inovação, migrando de cultivo plurianual para anual, utilizando mudas de porte alto oriundas de ambiente protegido e adotando o vazio sanitário no inverno, recomendações respaldadas pela Portaria SAR n° 06/2020 (Cavichioli *et al.*, 2020; Petry *et al.*, 2022; Peruch *et al.*, 2018).

A adoção de sistemas de plantio adensados é uma ferramenta estratégica para aumentar a produtividade e a rentabilidade no início de desenvolvimento das plantas e essa prática tem se tornado realidade em diversas frutíferas como citros (Stuchi e Girardi, 2010), pêssego (Mayer *et al.*, 2016; Souza *et al.*, 2019), manga (Menzel e Le Lagadec, 2017; Gaikwad *et al.*, 2017) e o próprio maracujá (Gontijo *et al.*, 2016).

A vida útil do pomar tem relação

direta com nutrição e sanidade do mesmo. O declínio maior das plantas é causado por pragas e doenças que progridem ao longo da vida do pomar. O adensamento de plantio minimiza os prejuízos gerados pela erradicação de plantas doentes, já que a contribuição individual de cada planta é decrescente com o tempo. Além disso, proporciona aumentos de produtividade entre 20% e 50%, antecipa o retorno do investimento ao produtor. No entanto, deve-se considerar que, com adensamentos maiores, há necessidade de maiores investimentos em mudas, adubação, irrigação, pulverizações, entre outros tratamentos culturais (Kist *et al.*, 1995, Kist *et al.*, 1996; Weber, 2013).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade produtiva de diferentes formas de seleção de plantas e espaçamentos de plantio, quanto às variáveis produtividade, precocidade, massa média e número de frutos do maracujazeiro 'SCS437 Catarina' em cultivo anual em Chapecó, SC.

Material e métodos

Neste trabalho avaliou-se a estabilidade genética do 'SCS 437 Catarina' quanto ao método de seleção de plantas nas safras 2019/20, 2020/21 e 2021/22. Em uma segunda etapa o foco foi a avaliação de diferentes espaçamentos entre plantas na safra 2022/23.

As mudas do Cultivar SCS 437 Catarina utilizadas para os experimentos foram produzidas em ambiente protegido, seguindo os critérios de produção de mudas preconizados pela Epagri e Cidasc, semeadas entre março e abril, em embalagens de 3,5L, contendo substrato composto por casca de pinus, casca de arroz e fertilizante de liberação controlada, sob regime de irrigação por microaspersão sobrecopa automatizado. Em todas as safras, as mudas foram plantadas a campo em 15 de setembro, quando estavam com aproximadamente 0,80-1,20m de altura.

Os experimentos foram instalados em área experimental do Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar (Epagri/Cepaf), em Chapecó, SC, nas coordenadas geográficas 27°05'27"S, 52°38'08"W. O clima local, segundo Köppen, é classificado como Cfa – Sub-

tropical, mesotérmico úmido com verão quente, com temperatura média anual de 18 a 19°C; precipitação média de 1700-1900mm; precipitação máxima de 140mm em 24h; umidade relativa do ar de 76 a 78%, em média.

O solo local é um Latossolo Vermelho Distrófico, com A moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado. Em 2019, ano da primeira safra, apresentou de 0-20 cm de profundidade: 55% Argila (m/v); 4,7 de pH-água 1:1; Índice SMP de 5,9; Fósforo 11,8 g dm⁻³; potássio 140,4 mg dm⁻³; 3,5% matéria orgânica (m/v); alumínio 1,5cmol_c dm⁻³; cálcio 4,1cmol_c dm⁻³; magnésio 1,6cmol_c dm⁻³; H+Al 4,89cmol_c dm⁻³; CTC (pH 7,0) 10,96cmol_c dm⁻³; Al (valor m) 19,81; saturação de bases em 55,41%; saturação de K 3,28%; saturação Ca 37,41%; saturação Mg 14,73%; Ca/Mg 2,54; Ca/K 11,42; Mg/K 4,49. Quanto a micronutrientes: Cobre 2,5mg dm⁻³; Zinco 2,1mg/dm³; Manganês 7,0mg dm⁻³; Ferro maior que 5,0mg dm⁻³; Boro 0,7mg dm⁻³; e Enxofre 17,2mg dm⁻³.

Todos os índices de fertilidade inadequados foram corrigidos em área total (SBCS, 2016). A adubação de plantio foi realizada na cova, em mistura ao solo retirado, com fontes minerais de cálcio, fósforo e micronutrientes. A partir de 30 dias após o plantio, a adubação de cobertura para suplementar nitrogênio e potássio foi realizada mensalmente, em linha lateral às plantas.

O maracujazeiro foi conduzido em sistema de espaldeira em linhas distantes de 3,0m para facilitar a mecanização, com arame a 2,0m do solo. A distância entre plantas adotada nas três primeiras safras foi de 1,8m entre plantas, excepcionalmente para a safra 22/23, quando se avaliaram diferentes espaçamentos. Em todos os experimentos, a polinização das flores foi realizada por polinizadores naturais.

Experimento 1 - Safra 2019/20

Foram comparadas três populações [Figura S1 (A)], que constituíram os tratamentos:

- P1 – população F₁ obtida a partir da semente básica fornecida pela Epagri - Estação Experimental de Urusanga (EEUr);
- P2 – população F₂ oriunda de

sementes selecionadas em Lajeado Grande, SC, seguindo o padrão de critérios de seleção recomendados pela Epagri, de dez plantas (3 frutos por planta), precoces, produtivas, saudáveis e com boa qualidade de frutos da P1 e;

- P3 – população F₂, originada de sementes obtidas de plantas aleatórias em Chapecó.

Experimento 2 - Safra 2020/21

Na safra 2020/21 o experimento comparou cinco tratamentos [Figura S1 (B)]:

- P1 – população F₁ obtida a partir da semente básica fornecida pela EEUr;

- P2 – população F₂, oriunda de sementes de plantas selecionadas de população F1 pelo padrão Epagri no Cepaf;

- P3 – população F₃, oriunda de sementes de plantas selecionadas de população F₂ pelo padrão Epagri em produtores da região;

- P4 – população F₃ de plantas aleatórias de população F₂ no Cepaf;

- P5 – população F₃ originada de plantas extremamente precoces de população F₂ no Cepaf.

Experimento 3 - Safra 2021/22

No experimento da safra 2021/22 foram utilizados nove tratamentos [Figura S1 (C)]:

- P1 – população F₁ obtida a partir da semente básica fornecida pela EEUr;

- P2 – população F₂, oriunda de sementes de plantas selecionadas de população F₁ pelo padrão Epagri no Cepaf;

- P3 – população F₂, oriunda de sementes de plantas selecionadas de população F₁ pelo padrão Epagri em produtores da região;

- P4 – população F₂ de plantas aleatórias da população F₁ no Cepaf;

- P5 – população F₂ originada de plantas extremamente precoces de população F₁ no Cepaf;

- P6 – população F₃ selecionada de população F₂ pelo padrão Epagri no Cepaf;

- P7 – população F₃ oriundas de sementes de plantas F₂ selecionadas pelo padrão Epagri em produtores da

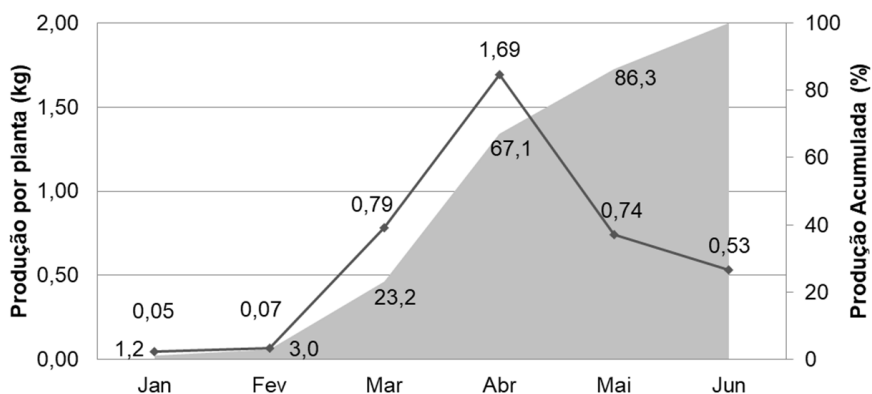


Figura 1. Médias de Produção por Planta e Produção Acumulada de diferentes populações de maracujazeiro 'SCS437 Catarina' em Chapecó, SC, Brasil. P1: população F1 obtida a partir da semente básica fornecida pela Epagri de Urussanga, SC; P2: população F2, oriunda de sementes de plantas selecionadas da população F1 pelo padrão Epagri no Cepaf; P3: população F2, oriunda de sementes de plantas selecionadas da população F1 pelo padrão Epagri em produtores da região; P4: população F2 de plantas aleatórias da população F1 no Cepaf; P5: população F2 originada de plantas extremamente precoces da população F1 no Cepaf

Figure 1. Average Production per Plant and Accumulated Production of different populations of passion fruit 'SCS437 Catarina' in Chapecó, SC, Brazil. P1: F1 population obtained from the basic seed provided by Epagri in Urussanga, SC; P2: F2 population, from seeds of plants selected of the F1 population by the Epagri standard at Cepaf; P3: F2 population, from seeds of plants selected of the F1 population by the Epagri standard among producers in the region; P4: F2 population of random plants from the F1 population at Cepaf; P5: F2 population from extremely early plants from the F1 population at Cepaf. Chapecó, SC, Brazil

região;

- P8 - população F₃ de plantas aleatórias de população F₂ no Cepaf;

- P9 - população F₃ oriundas de plantas extremamente precoces de população F₂ no Cepaf.

O delineamento experimental para todos os experimentos acima foi em blocos casualizados com quatro repetições de doze plantas. As avaliações foram realizadas semanalmente de janeiro a junho de cada ano. Durante a safra foram avaliadas as variáveis produtividade (t ha⁻¹), massa média dos frutos (g) e precocidade da produção, que foi determinada pela produção acumulada até a data em que um dos tratamentos atingiu o mínimo de 30% da produção total da safra. Os dados foram submetidos à análise de variância (Anova) e quando o efeito de tratamentos foi significativo, as médias foram agrupadas pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Experimento 4 - Espaçamentos de plantio na safra 2022/23

A metodologia comparou quatro diferentes espaçamentos entre plantas, sendo eles 0,5m, 1,0m, 1,5m e 2,0m,

mantendo a mesma distância de 3,0m entre as linhas de plantio. As parcelas tiveram 10m, e cada tratamento conteve número variável de plantas conforme o espaçamento (variando de cinco a vinte plantas por parcela). Foram avaliadas variáveis agrônômicas de produção - número de frutos e produção total da parcela, número de frutos e produção por planta, produtividade (kg/ha) e precocidade (determinada pela produção acumulada até a data em que um dos tratamentos atingiu o mínimo de 30% da produção total) e as médias foram comparadas por Anova e quando apresentaram diferenças significativas, foram agrupadas pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Resultados e discussão

Produtividade de diferentes populações

A produtividade média observada variou de 19,17 a 21,32t ha⁻¹ na safra 2019/20 (Tabela 1), 9,3 a 11,5t ha⁻¹ entre os tratamentos de 2020/21 e 6,7 a 8,4t ha⁻¹ no experimento da safra 2021/22, sem diferenças significativas

entre populações. As produtividades da primeira safra foram de 12% a 20% inferiores à produtividade média do cultivar ‘SCS437 Catarina’ para o estado de Santa Catarina, de 24t ha⁻¹, e maiores que a produtividade média nacional de 13,66t ha⁻¹ (Petry *et al.*, 2019). Entretanto, nas duas safras seguintes, as produtividades foram inferiores à média do cultivar e também inferiores à média nacional. As baixas produtividades em 2021/22 e 2022/23 foram causadas por estiagens prolongadas na primavera e verão, influenciadas pelo fenômeno climático “La Niña”. Em 2021, na primavera, recordes negativos históricos de precipitação ocorreram. Apenas nos meses de dezembro e janeiro a precipitação superou a média histórica (Brugnara *et al.*, 2022). A produtividade abaixo do potencial do cultivar aproxima-se do que Silva *et al.* (2022) observaram no Acre em safra de um ano, de 4,9 a 8,3t ha⁻¹ e o número de frutos por planta de 29,8 a 49,8. O não uso da polinização manual e a maior incidência e severidade de doenças também podem explicar as baixas produtividades obtidas.

A ausência de diferenças entre populações demonstra uma das vantagens de se cultivar o ‘SCS 437 Catarina’, que é a possibilidade de manter as características ao longo de gerações de seleção de sementes pelo próprio passicultor, desde que amostrando um número suficiente de plantas doadoras, pois populações grandes cujas frequências genotípicas estão em equilíbrio de Hardy-

Weimberg produzirão progênes com as mesmas frequências se não ocorrer migração, seleção ou mutação (Amorim, 2013). O contrário observou Cunha (2013) ao avaliar plantas de segunda geração do híbrido ‘BRS Gigante Amarelo’ que diminuiu 19,3% a produtividade em comparação à população original, em função da recombinação gênica que muda as frequências genotípicas na F₂.

O cultivar catarinense manteve a estabilidade mesmo após quatro gerações de seleção consecutivas. Os materiais genéticos utilizados no cultivo de maracujazeiro normalmente são oriundos de programas que buscam híbridos, o que inviabiliza consequentemente a manutenção dos resultados ao longo das gerações selecionadas pelo produtor. O mesmo ocorre em cultivos fora do Brasil, pois Cleves-Leguizamo (2021) relata que as produções comerciais na Colômbia atingem apenas 30% do potencial genético, sugerindo inovações tecnológicas no germoplasma, trazendo um potencial uso do ‘SCS 437 Catarina’, pela estabilidade genética e alta produtividade, para programas de cooperação técnica em regiões que trabalham com a passicultura abaixo de seu potencial produtivo.

Número de frutos e a massa média dos frutos

O número de frutos e a massa média dos frutos produzidos na safra 2021/2022 foram afetados pelas

populações, ao contrário do observado nos experimentos anteriores. Em 2021/2022 as populações P1, P2, P4, P7 e P8 produziram significativamente menos frutos que P3, P5, P6 e P9 (Figura 2). O número de frutos apresentou correlação negativa com a massa média de frutos, ou seja, os tratamentos com maior número de frutos apresentaram as menores massas médias de frutos. A relação inversa entre as duas variáveis se deve à competição entre frutos por fotoassimilados, que limita o crescimento em plantas com mais frutos. A P5 produziu frutos significativamente mais leves que a população P1 (Figura 2). O método de seleção aleatório (P4 e P8) foi o que resultou exclusivamente em populações semelhantes a P1. Cunha (2013) constatou frutos de menor massa em relação à população matriz ao utilizar sementes F₁ do híbrido ‘BRS Gigante Amarelo’.

A massa média dos frutos manteve-se dentro da amplitude da variedade de 160-430 g (Petry *et al.*, 2019) e próximo à massa média de 232g do cultivar BGP330 (225 a 239g) (Junghans, 2022). O número de frutos e sua massa média são caracteres de controle poligênico, influenciados pelo ambiente, mas ainda assim de média a alta herdabilidade, maior que da produtividade (Cavalcante *et al.*, 2019; Santos, 2020). Possivelmente os ambientes de cultivo exerceram uma pressão de seleção sobre os genes responsáveis pelo número de frutos, que por sua vez podem ter sido mais representativos na metodologia de seleção. Por outro lado, não se pode deixar de observar que as sementes devem ser selecionadas de pelo menos 25 plantas (Couto, 1983), o que leva à hipótese de que no presente experimento o método-padrão possa ter causado deriva genética, alterando o fenótipo de número de frutos e consequentemente da massa média.

Precocidade

Quando analisada a precocidade produtiva em 2019/20, observou-se que as populações P2 e P3 mantiveram a identidade da P1, já que não houve diferença significativa da P1 para as demais. Porém, observou-se que a P2 foi significativamente mais precoce que a P3 (Tabela 1). Isso indica que o uso do

Tabela 1. Produtividade, Massa Média dos Frutos e Precocidade de Produção de diferentes populações de maracujazeiro ‘SCS 437 Catarina’ em Chapecó, SC. P1: população F1 obtida a partir da semente básica fornecida pela Epagri de Urussanga, SC; P2: população F2 oriunda de sementes selecionadas em Lajeado Grande, SC, seguindo o padrão de critérios de seleção recomendados pela Epagri; P3: população F2, originada de sementes obtidas de plantas aleatórias em Chapecó, SC, Brasil

Table 1. Yield, Average Fruit Mass and Earliness of Production of different passion fruit populations of ‘SCS 437 Catarina’ in Chapecó, SC. P1: F1 population obtained from the basic seed provided by Epagri in Urussanga, SC; P2: F2 population from seeds selected in Lajeado Grande, SC, following the standard of selection criteria recommended by Epagri; P3: F2 population, from seeds obtained from random plants in Chapecó, SC, Brazil

Tratamento	Produtividade (t ha ⁻¹)	Massa Média(g)	Precocidade (%) ¹
P1	19,35 ^{ns}	204,84 ^{ns}	36,28 ab
P2	19,17	197,64	42,13 a
P3	21,32	204,43	29,67 b
CV (%)	11,38	7,45	16,52

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si (Tukey, $\alpha \leq 0,05$).

¹Means followed by the same letter in the column do not differ from each other (Tukey, $\alpha \leq 0,05$).

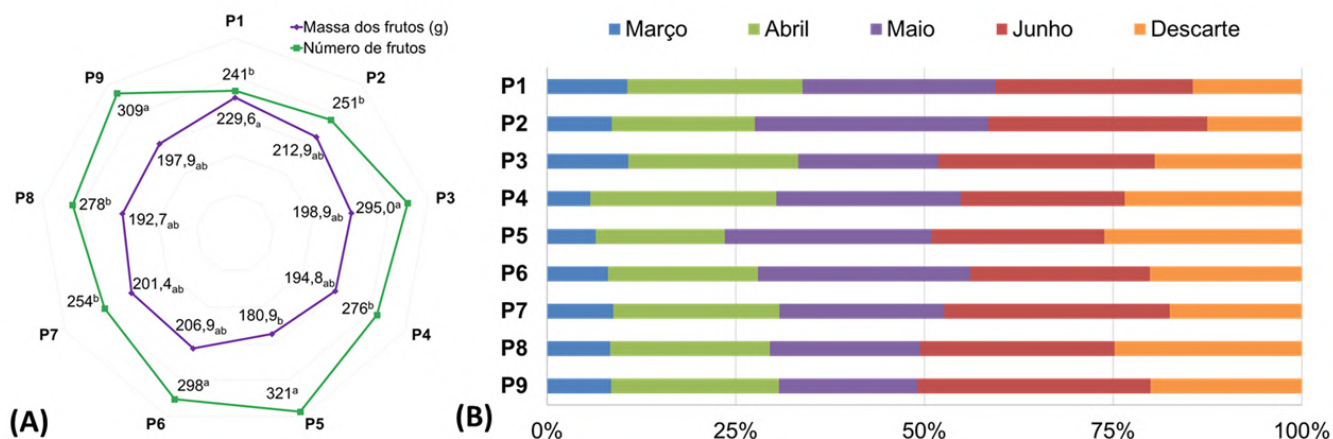


Figura 2. (A) Massa média e número de frutos produzidos por planta de populações de 'SCS 437 Catarina' por diferentes métodos de seleção na safra 2021/2022. (B) Distribuição percentual da massa de frutos produzidos por diferentes populações de maracujazeiro 'SCS 437 Catarina' na safra 2021/2022 em Chapecó, SC. P1: população F1 obtida a partir da semente básica fornecida pela Epagri de Urussanga, SC; P2: população F2, oriunda de sementes de plantas selecionadas da população F1 pelo padrão Epagri no Cepaf; P3: população F2 de sementes de plantas selecionadas da população F1 em produtores da região; P4: população F2 de plantas aleatórias da população F1; P5: população F2 originada de plantas precoces da população F1 no Cepaf; P6: população F3 selecionada da população F2 no Cepaf; P7: população F3 oriunda de sementes de plantas F2 selecionadas em produtores da região; P8: população F3 plantas aleatórias da população F2 no Cepaf; P9: população F3 oriunda de plantas precoces da população F2 no Cepaf. Médias de cada variável seguidas pela mesma letra não diferem (Teste de Tukey, $\alpha \leq 0,05$)

Figure 2. (A) Average mass and number of fruits produced per plant of 'SCS 437 Catarina' populations by different selection methods in the 2021/2022 harvest. (B) Percentage distribution of fruit mass produced by different populations of 'SCS 437 Catarina' passion fruit in the 2021/2022 harvest in Chapecó. P1: F1 population obtained from basic seed provided by Epagri in Urussanga, SC; P2: F2 population, from seeds of plants selected of the F1 population by the Epagri standard at Cepaf; P3: F2 population from seeds of plants selected of the F1 population by producers in the region; P4: F2 population from random plants of the F1 population; P5: F2 population from early plants of the F1 population at Cepaf; P6: F3 population selected from the F2 population at Cepaf; P7: F3 population from seeds of F2 plants selected from producers in the region; P8: F3 population random plants of the F2 population at Cepaf; P9: F3 population from early plants of the F2 population at Cepaf. Means of each variable followed by the same letter do not differ (Tukey test, $\alpha \leq 0.05$). Chapecó, SC, Brazil

método de seleção de plantas P2 deve ser utilizado em detrimento ao P3 na formação de populações de sementes para a safra seguinte àquela feita com sementes adquiridas do mantenedor. Na safra 2020/21, observou-se que as populações mantiveram a identidade da P1, pois não houve diferença significativa entre os tratamentos, tendo a P5 atingido 35,5% da produção em 6 de abril de 2021 e a P4 31,2% da produção total na mesma data. Na safra 2021/22 por sua vez também não houve diferença entre a precocidade das populações, que atingiram 30% do volume total produzido no fim de abril. A similaridade dos resultados dos tratamentos com a P1 demonstra que a precocidade é uma característica de alta herdabilidade no maracujazeiro (Faleiro *et al.*, 2005).

Dada a necessidade do vazio sanitário no cultivo anual de maracujazeiro em Santa Catarina, somada à baixa oferta de frutos no período de maiores preços, a seleção de populações com maior precocidade terá maior impacto

na produção e na rentabilidade do pas-sicultor, por isso é necessário continuar o trabalho de seleção dos materiais precoces do 'SCS437 Catarina', seguindo as recomendações da Epagri para o cultivo de maracujazeiro em Santa Catarina.

O pico de produção por planta dos tratamentos ocorreu no mês de abril (Figura 1), com precocidade semelhante em todos os tratamentos, proporcionando oferta de frutos em um período de significativa alta de preços no mercado regional, que costuma se manter alto durante o verão estendendo-se até o início do outono, quando aumenta o volume ofertado no Estado, reduzindo os preços. A flutuação de preços pagos na comercialização de frutos de maracujá em Santa Catarina segue a proporcionalidade inversa ao volume ofertado, de forma que os maiores preços ocorrem entre os meses de agosto a dezembro, meses de início da safra, adentrando os meses de janeiro e fevereiro do ano seguinte, atingindo o pico de valorização em out/nov, decrescendo à medida

que a oferta de frutas aumenta a partir de fevereiro/março (Goulart Jr. *et al.*, 2018). Dessa forma, quanto maior o volume ofertado no início de safra, maior será a rentabilidade dos cultivos aproveitando os melhores preços praticados no estado de Santa Catarina.

Espaçamentos de plantio na safra 2022/23

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 2. Houve efeito significativo de espaçamento para a maioria das variáveis analisadas, mas não para a precocidade de produção. A redução do espaçamento de 2,0m para 0,5m causou diminuição no número e na massa de frutos produzidos pela planta. Essa tendência era esperada com base em outros estudos de adensamento no Sul do Brasil, porque, reduzindo-se o espaçamento de plantio, reduz-se consequentemente a produção em número e massa de frutos por planta (Kist *et al.*, 1995). As menores produções por plan-

ta nos menores espaçamentos evidenciam que houve maior competição das plantas.

Resultado inversamente proporcional foi observado para número e massa de frutos. Entretanto, as diferenças entre 1,5 e 1,0m e entre 2,0 e 1,5m não foram significativas. A produtividade por área foi superior no menor espaçamento. Mattar *et al.* (2021) também observaram que o espaçamento mais adensado (2 x 3m) proporcionou maior produtividade (20,7t ha⁻¹), embora tenham obtido o mesmo resultado com espaçamento de maior dimensão, indicando que podem ser testadas variações de adensamentos de plantio por mais safras buscando maiores produtividades. Entretanto, Kist *et al.* (1995) não evidenciaram influência dos espaçamentos sobre o rendimento de frutos por área.

Para adoção de cultivos adensados, devem ser considerados também o custo de produção e o lucro líquido dos diferentes espaçamentos (apesar de não ter sido avaliado no presente trabalho). A análise econômica em diferentes densidades de plantio foi realizado por Kist *et al.* (1996): o custo total por área aumenta à medida em que se aumenta o espaçamento entre plantas, além de observarem que o lucro líquido foi maior nas densidades 1.818 e 2.222 plantas/ha comparado com 4.000, 2.857, 1.538 e 1.333 plantas/ha.

O método de aumento de densidade

de de plantas pode ser associado a outras inovações no sistema de produção de maracujazeiro, pensando também em outros problemas fitossanitários, como a fusariose. Apesar da ocorrência de VEFM afetar a produtividade, algumas características dos frutos podem manter-se positivas. Assim como Gomes *et al.* (2022) observaram que a ocorrência da virose (causada pelo CAB-MV) diminuiu a qualidade do maracujá (cv. FB 200), afetando negativamente as características físicas, mas sem afetar a produção e a qualidade de polpa e suco. Dessa forma, garantindo as altas produtividades com o adensamento de plantio, mesmo que o pomar seja acometido pela VEFM, podem-se manter altas produções na área de pomar adensado, com garantia de qualidade de polpa e suco para o processamento, principalmente em fim de safra.

A baixa produtividade média dos tratamentos, assim como os demais resultados negativos das outras variáveis, podem ter sido ocasionados pelo não uso da polinização manual e também pela ocorrência de antracnose (*Glomerella cingulata*). Favorecida pelas condições climáticas do verão de 2023, a doença também impossibilitou a colheita da safra de 2024, quando ocorreram chuvas subsequentes, e interferiu no manejo adequado recomendado por Peruch *et al.* (2018). Estes autores pontuam que pomares com problemas severos de antracnose têm menor produção e morte acentuada de plantas.

Conclusões

A produtividade das populações obtidas por sementes de segunda e terceira geração de maracujazeiro 'SCS 437 Catarina', independentemente do método de seleção de sementes, mantém a estabilidade agrônômica em relação à obtida por sementes básicas.

O critério de seleção preconizado pela Epagri, aliado à seleção de plantas precoces, podem aumentar o número de frutos, em detrimento da massa média.

Além disso, colhendo sementes de forma aleatória, a produção em massa total e o número de frutos se mantêm, mas com perdas de massa média de frutos.

O espaçamento de 0,5m x 3,0m, para as condições de cultivo anual em Chapecó, no sistema de espaldeira, é o mais indicado para obter maior produção por hectare.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fapesc pelo auxílio financeiro de apoio à pesquisa, que foi primordial para a condução do presente trabalho.

Referências

AMORIM, A. Population Genetics. In: MALLOY, S.; HUGHES, K. **Brenner's Encyclopedia of Genetics**. 2.ed. Academic Press, 2013, p.407-411. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-374984-0.01195-5>

BERNACCI, L.C.; SOARES-SCOTT, M.D.; JUNQUEIRA, N.T.V.; PASSOS, I.R. da S.; MELETTI, L.M.M. *Passiflora edulis* Sims: the correct taxonomic way to cite the yellow passion fruit (and of others colors). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 566-576, 2008.

BRUGNARA, E.C.; CASTILHOS, R.V.; SABIÃO, R.R. Consequências da seca no Oeste Catarinense para a cultura dos citros na safra 2020/21. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.35, n.2, p.11-13, 2022.

CAVICHOLI, J.C., DA SILVA, J.S., MARQUES, L.F.S., DE MOURA, E.M., CELES-

Tabela 2. Resultados da safra 2022/23 de maracujazeiro 'SCS 437 Catarina' em quatro diferentes espaçamentos entre plantas, mantendo a mesma distância entre linhas (3,0 m), Chapecó, SC, Brazil

Table 2. Results of the 2022/23 harvest of passion fruit 'SCS 437 Catarina' in four different spacings between plants, maintaining the same distance between rows (3.0 m), Chapecó, SC, Brazil

Distância entre plantas	Número Frutos ¹	Produção total ¹	Frutos por Planta ¹	Produção por Planta ¹	Precocidade	Produtividade ¹
(m)	(un.)	(kg)	(un.)	(kg)	(%)	(t/ha)
0,5	352,5 a	66,6 a	17,6 c	3,3 c	27,9 ^{ns}	22,3 a
1,0	219,5 b	41,9 b	21,9 bc	4,2 bc	26,9	13,9 b
1,5	192,6 bc	36,5 bc	27,5 ab	5,2 ab	29,3	11,6 b
2,0	130,7 c	26,1 c	32,7 a	6,5 a	33,1	10,9 b
CV (%)	29,7	28,5	29,7	27,6	27,5	29,2

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si (Tukey, $\alpha \leq 0,05$).

¹Means followed by the same letter in the column do not differ from each other (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

- TRINO, R.B.; CONTIERO, L.A.F.; VITORINO, R.A. Desenvolvimento e produtividade de maracujazeiro-amarelo enxertado em dois sistemas de condução. **Research, Society and Development**, v.9, n.11, e64791110143-e64791110143, 2020.
- CLEVES-LEGUÍZAMO, J-A. Functional analysis of trellising systems and their impact on quality and productivity in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* and f. *pupurea*, Degener) cultivars in Colombia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 43, p. e-886, 2021.
- COUTO, F.A.A. Produção de mudas de mamoeiro e maracujazeiro. **Informe Agropecuário**, v.9, n.102, p.15-18, 1983.
- CUNHA, M. **Produtividade e características de frutos de pomares de maracujá implantados com sementes originais e reaproveitadas do híbrido BRS Gigante Amarelo**. 2013. 46f. 2013. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Área de Concentração em Produção Sustentável), Universidade de Brasília, Brasília.
- FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F. **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005, 670p.
- GAIKWAD, S.P.; CHALAK, S.U.; KAMBLE, A.B. Effect of spacing on growth, yield and quality of mango. **Journal of Krishi Vigyan**, v.5, n.2, p.50-53. 2017.
- GOMES, F.R., SILVA, D.F.P.D., RODRIGUES, C.D.M., SALAZAR, A.H., ASSUNÇÃO, H.F.; CRUZ, S.C.S. Evaluation of production and fruit quality of a yellow passion fruit cultivar infected with the cowpea aphid-borne mosaic virus. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.44, n.3, e-259, 2022.
- GONTIJO, G.M.; FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V. Produção de maracujazeiro azedo cultivado em estufa e em espaçamento adensado: resultados de unidades de observação Emater-Embrapa no Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 24., 2016, São Luís. **Anais[...]** Fruticultura: fruteiras nativas e sustentabilidade. São Luís, MA: SBF, 2016.
- GOULART JR, R.; MONDARDO, M.; REITER, J.M.W. **Relatório de projeto: Situação e perspectivas da cultura do maracujazeiro no Brasil e em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2018 (Relatório).
- JUNGHANS, T.G (ed.). **Espécies de maracujazeiro: uma riqueza do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. 200p.
- KIST, H.; FELDENS, A.M.; MANICA, I.; FIORAVANÇO, J.C. Análise econômica de densidades de plantio do maracujá-amarelo no município de Porto Lucena, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.7, p.497-502, 1996.
- KIST, H.; MANICA, I.; BOARO, J. EFEITO DE SEIS ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO NA PRODUÇÃO DO MARACUJÁ-AMARELO (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) EM PORTO LUCENA/RS. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.1, n.1, p.21-26, 1995.
- MATTAR, G.S., PURQUERIO, L.F.V., MELETTI, L.M.M., VALENTINI, S.R.D.T., PAULA, L.F.D.; DUART, A.M. Nitrogen fertilization and spacing in productivity and quality of passion fruit implanted with advanced seedlings. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.43, e-004, 2021.
- MAYER, N.A., DAS NEVES, T.R., ROCHA, C.T.; DA SILVA, V.A.L. Adensamento de plantio em pessegueiros 'Chimarrita'. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.15, n.1, p.50-59, 2016.
- MENZEL, C.M.; LE LAGADEC, M.D. Can the productivity of mango orchards be increased by using high-density plantings? **Scientia Horticulturae**, v.219, p.222-263, 2017.
- NOGUEIRA, J.G.A.; NEVES, M.F.; SIMPRINI, E.S.; SABIÃO, R.R.; TROMBIN, V.G.; CRESSONI, F.; BELTRESCHI, B.; MILAN, P.; CHEDID, M.N.C. **Estratégias para a Fruticultura no Brasil**. 1a. ed. Ribeirão Preto: Editora Atlas, 2013. v.1. 208p. São Paulo: Atlas, 2013.
- PERUCH, L.A.M.; COLARICCIO, A.; BASTISTA, D.C. Controle de doenças do maracujazeiro: situação atual e perspectivas. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, V.31, n.1, p.37-40, 2018 doi:10.22491/RAC.2018.v31n1.2.
- PETRY, H.B.; BRUNA, E.D.; MORETO, A.L.; BRANCHER, A.; SÔNEGO, M. 'SCS437 Catarina': Maracujá-azedo de alta qualidade para o mercado de mesa. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.32, n.2, p.49-52, 2019. DOI: <https://doi.org/10.22491/RAC.2019.v32n2.6>
- PETRY, H.B., DA SILVA, D.A., BERTOLINI, E., MORITZ, D.R., MEES, A.; JÚNIOR, M.F.B. Manejo da virose do endurecimento dos frutos do maracujazeiro-azedo em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.35, n.3, p.18-21, 2022.
- SILVA, D.A.; PETRY, H.B.; BRUNA, E.D.; MORETO, A.L. Métodos de seleção de plantas de maracujazeiro-azedo para a produção de sementes. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.32, n.2, p.40-42, 2019. DOI: <https://doi.org/10.22491/RAC.2019.v32n2.3>
- SILVA, N.M.D., ARAÚJO NETO, S.E.D., SOUZA, L.G.D.S., UCHÔA, T.L., FRANCISCO, W.D.M.; FERREIRA, R.L.F. Organic yellow passion fruit productivity due to irrigation, semi protected cultivation and artificial pollination. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.44, e-897, 2022.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11 ed. RS/SC. Sociedade Brasileira de Ciências do solo-Núcleo Regional Sul. 2016.
- SOUZA, A.L.K.D., SOUZA, E.L.D., CAMARGO, S.S., FELDBERG, N.P., PASA, M. D.S.; BENDER, A. Resposta do adensamento de plantio de pessegueiros 'BRS Rubimel' conduzidos no sistema de "Y". **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.41, n.2., 2019.
- STUCHI, E.S.; GIRARDI, E.A. **Utilização de práticas culturais na citricultura frente ao Huanglongbing**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010 (Documentos 191).
- WEBER, D. **Densidade de plantio e produção do maracujazeiro-amarelo no Sul do Brasil**. 2013. 109f. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Agronomia). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Indicação de genótipos polinizadores para o cultivar de macieira ‘SCS443 Isadora’

Marcus Vinicius Kvitschal¹, Thyana Lays Brancher² e Rafaela Walesko Elias³

Resumo – Em função do mecanismo genético de autoincompatibilidade gametofítica presente na macieira, é primordial que um pomar possua genótipos polinizadores específicos para garantir a produção de frutos. Este estudo tem como objetivo avaliar diferentes genótipos polinizadores para o cultivar de macieira SCS445 Isadora. A verificação da compatibilidade genética foi realizada via genotipagem de alelos S por marcadores de DNA específicos. Também foram realizadas polinizações a campo em Caçador, SC, por duas safras consecutivas, a fim de verificar a eficiência de cada genótipo polinizador em ambiente de pomar. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com seis e cinco repetições de 25 inflorescências de duas flores cada, nas safras 2022/2023 e 2023/2024, respectivamente. Os cultivares SCS433 Felix 3, SCS435 Felix 5 e SCS417 Monalisa apresentam compatibilidade plena com ‘SCS443 Isadora’ e, embora ‘SCS425 Luiza’ seja semicompatível com ‘SCS443 Isadora’ por possuir um dos alelos em comum (S_5), todas as plantas polinizadoras testadas se mostraram eficientes na fecundação do gameta feminino das flores e são aptas para utilização como genótipo polinizador em pomares do cultivar SCS443 Isadora.

Termos para indexação: Alelos S; Autoincompatibilidade gametofítica; *Malus domestica* Borkh.; Marcadores de DNA; Polinização artificial.

Pollinating genotypes indication for the apple variety SCS443 Isadora

Abstract – Due to the genetic mechanism of gametophytic self-incompatibility present in apple trees, an orchard must have specific pollinating plants to ensure fruit production. This study aims to select pollinating plants for the apple cultivar SCS445 Isadora. Genetic compatibility between apple trees was verified by genotyping S alleles using specific DNA markers. Manual pollinations were also carried out in Caçador, SC, Brazil, for two consecutive seasons, to verify the efficiency of each pollinator in an orchard environment. The experimental design was randomized blocks, with six and five replicates of 25 inflorescences of two flowers each, in the 2022/2023 and 2023/2024 seasons, respectively. The varieties SCS433 Felix 3, SCS435 Felix 5 and SCS417 Monalisa are fully compatible with ‘SCS443 Isadora’, and although ‘SCS425 Luiza’ is semi-compatible with ‘SCS443 Isadora’ because it has one of the alleles in common (S_5), all the pollinating plants tested were efficient in fertilizing the female gamete of its flowers and are suitable for use as pollinators in orchards of the cultivar SCS443 Isadora.

Index terms: Alleles S; Gametophytic self-incompatibility; *Malus domestica* Borkh.; DNA markers; Artificial pollination.

Introdução

A macieira (*Malus domestica* Borkh.), apesar de apresentar flores hermafroditas, depende da polinização cruzada para a produção de frutos em escala comercial. Essa necessidade é atribuída à autoincompatibilidade gametofítica, um mecanismo genético controlado pelo loco S presente nas espécies do gênero *Malus* (Sassa, 2016). A presença de alelos S idênticos nos genitores impede a fertilização do

gameta feminino, enquanto a presença de um alelo em comum resulta em semicompatibilidade, com formação de frutos. A compatibilidade total, por sua vez, ocorre quando todos os alelos S são diferentes, maximizando a produção de sementes e frutos (Ahmad *et al.*, 2022; Matsumoto, 2014). A quantidade de frutos, sementes e sua distribuição nos carpelos são indicadores importantes da compatibilidade genética entre genótipos (Denardi e Stuker, 2008; Kvitschal *et al.*, 2013).

Considerando a importância da po-

linização cruzada, os pomares comerciais de macieira são compostos por cultivares produtores de frutos (copa) e por genótipos polinizadores. Além da compatibilidade genética, a escolha dos genótipos polinizadores leva em conta a coincidência das épocas de floração e as exigências edafoclimáticas, facilitando o manejo do pomar (Albuquerque Junior *et al.*, 2011; Brancher *et al.*, 2020a, 2020b, 2021; Kvitschal *et al.*, 2013).

A caracterização do genótipo do loco S por meio de marcadores moleculares permite a identificação prévia de genó-

Recebido em 30/09/2024. Aceito para publicação em 02/12/2024.

Editor: Luiz Augusto Martins Peruch

¹ Engenheiro-agrônomo, Dr., Pesquisador, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri/Estação Experimental de Caçador “José Oscar Kurtz”, Rua Abílio Franco, 1500, Bairro Bom Sucesso, CEP 89.501-032, Caçador, SC, fone (49) 3561-6837, e-mail: marcusvinicius@epagri.sc.gov.br

² Biotecnologista Industrial, Dra., Bolsista, Epagri/Estação Experimental de Caçador “José Oscar Kurtz”, Rua Abílio Franco, 1500, Bairro Bom Sucesso, CEP 89.501-032, Caçador, SC, e-mail: thyanabrancher@gmail.com

³ Estudante de Agronomia, Bolsista, Epagri/Estação Experimental de Caçador “José Oscar Kurtz”, Rua Abílio Franco, 1500, Bairro Bom Sucesso, CEP 89.501-032, Caçador, SC, e-mail: rafaelaelias@epagri.sc.gov.br

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i3.1932>

tipos polinizadores compatíveis com os cultivares copa (Brancher *et al.*, 2020a, 2020b). Essa técnica é rápida, eficiente e independe das condições ambientais, sendo uma ferramenta valiosa para a seleção de genótipos polinizadores e o planejamento de novos cruzamentos em programas de melhoramento genético da macieira.

O cultivar SCS443 Isadora tem como principais atributos agrônômicos a resistência à mancha foliar de glomerella – MFG (*Colletotrichum* spp.), menor requerimento em frio comparado aos cultivares tradicionais Gala e Fuji, sintomas leves de sarna (*Venturia inaequalis*), oídio (*Podosphaera leucotricha*) e marssonina (*Marssonina mali*), maturação tardia dos frutos e ótima qualidade pós-colheita, destacando-se principalmente em armazenagem por longo período (Denardi *et al.*, 2023). Lançado em 2023 como um dos cultivares mais promissores para cultivo no sul do Brasil, ‘SCS443 Isadora’ necessita da indicação de genótipos polinizadores para cultivo comercial na região para que haja a possibilidade de se obter máxima produtividade.

Logo, o objetivo deste trabalho foi selecionar genótipos polinizadores para o cultivar de macieira SCS443 Isadora a partir da genotipagem dos alelos *S* via PCR, associada à realização de cruzamentos com testes a campo.

Material e métodos

Os genótipos candidatos testados na polinização do cultivar SCS443 Isadora foram os cultivares SCS417 Monalisa, SCS425 Luiza, SCS433 Felix 3 e SCS435 Felix 5. Como controle, foi realizada a autopolinização, cujo tratamento consistiu na utilização de pólen do próprio cultivar SCS443 Isadora. Os cultivares da série Felix foram desenvolvidos pela Epagri e consistem em uma série lançada exclusivamente para fins de polinização de outros cultivares comerciais. Todos os tratamentos utilizados na polinização das flores de ‘SCS443 Isadora’ foram escolhidos a partir de dados históricos de fenologia (entre início e final de floração) obtidos em Caçador, SC, durante as safras 2007/2008 a 2013/2014 (Figura 1), de forma a garantir coinci-

dência dos períodos de floração com ‘SCS443 Isadora’, associado à adequada produção e germinação de pólen em condições de laboratório.

Os cruzamentos-testes a campo foram realizados na Epagri - Estação Experimental de Caçador, em Caçador, SC, nos ciclos 2022/2023 e 2023/2024. O estágio fenológico em que as polinizações dirigidas foram realizadas foi em F (botão rosado), antes da antese. Duas flores por inflorescência foram selecionadas, emasculadas e polinizadas manualmente, tendo sido descartadas as flores excedentes. Subsequentemente, foi realizada a proteção das inflorescências com papel Kraft por ao menos 72 horas, para evitar contaminações com pólen exógeno. O tratamento-controle foi caracterizado pela autopolinização (utilizando pólen do próprio cultivar SCS443 Isadora) e proteção com papel Kraft.

As avaliações contemplaram o número total de frutos, a frutificação efetiva (%), a massa de frutos (g), o número de sementes por fruto, o número de lóculos sem sementes e o número de lóculos com sementes.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com seis e cinco repetições de 25 inflorescências de duas flores cada, nas safras 2022/2023 e 2023/2024, respectivamente. Utilizou-se esquema fatorial 5 x 2 para investigar o efeito da interação entre diferentes genótipos polinizadores (5 fontes de pólen) e anos (2 safras – 2022/2023 e 2023/2024). Os dados foram submetidos à análise de variância conjunta (5 tratamentos x 2 anos), e os desdobramentos e comparações entre médias feitas pelo critério de Scott-Knott ($P < 0,05$).

A verificação da compatibilidade genética entre cada genótipo polinizador e ‘SCS443 Isadora’ foi realizada mediante genotipagem dos alelos no locus *S*, via técnica de PCR, utilizando marcadores de DNA específicos. O DNA de cada genótipo foi extraído a partir de folhas jovens e sadias coletadas aleatoriamente, conforme protocolo estabelecido por Revers *et al.* (2005), utilizando 0,1g de tecido vegetal macerado. A nomenclatura, sequência de nucleotídeos, temperatura de anelamento e tamanho

dos amplicons (pb) de cada *primer* utilizado, bem como detalhes das reações de PCR são reportados por Brancher *et al.* (2020a, 2020b). Nas reações de PCR utilizaram-se cultivares padrão que já possuem alelos *S* catalogados com intuito auxiliar na determinação de cada alelo *S* por comparação ao tamanho dos respectivos fragmentos amplificados esperados. Os cultivares padrão utilizados na análise genotípica foram: Fuji (S_1 e S_9 ; GenBank nº D50837 e D50836, respectivamente), Golden Delicious (S_2 e S_3 ; U12199 e U12200, respectivamente), Gloster (S_4 ; AF327223), Gala (S_5 ; U19791), Marubakaido [S_6 e S_{26} ; (Agapito-Tenfen *et al.*, 2015)], Idared (S_7 ; AB032246), McIntosh (S_{10} ; AB052683), Delicious (S_{19} ; AB035273), Alkmene (S_{22} ; AF327222), Mutsu (S_{20} ; AB019184), Granny Smith (S_{23} ; AF239809) e Braeburn (S_{24} ; AF016920). Não se utilizou cultivar padrão apenas para o alelo S_{16} (AF016919), uma vez que não há nenhum genótipo sabidamente portador desse alelo *S* disponível na Epagri. A nomenclatura dos alelos *S* utilizada neste trabalho foi proposta por Broothaerts, Van Nerum e Keulemans (2004). Os produtos da PCR foram separados por eletroforese em gel de agarose 3% utilizando marcador padrão de peso molecular de 50pb, tendo sido as amostras coradas com o fluorescente intercalante GelRed™ (Biotium, California, USA). A imagem do perfil de amplificação dos alelos *S* foi capturada em fotodocumentador Kodak Gel Logic 212 Pro (Carestream, New York, USA) equipado com transiluminador UV. Os alelos *S* foram considerados como presentes quando apresentaram fragmentos de tamanho coincidente tanto com o indicado na literatura quanto aos fragmentos amplificados nos cultivares padrão utilizados para cada alelo *S*.

Resultados e discussão

Conforme apresentado na Figura 1, todos os genótipos polinizadores testados (‘SCS417 Monalisa’, ‘SCS425 Luiza’, ‘SCS433 Felix 3’ e ‘SCS435 Felix 5’) apresentam coincidência no período de floração com o cultivar SCS443 Isadora.

Quanto aos experimentos de polinização realizados à campo, não se obser-

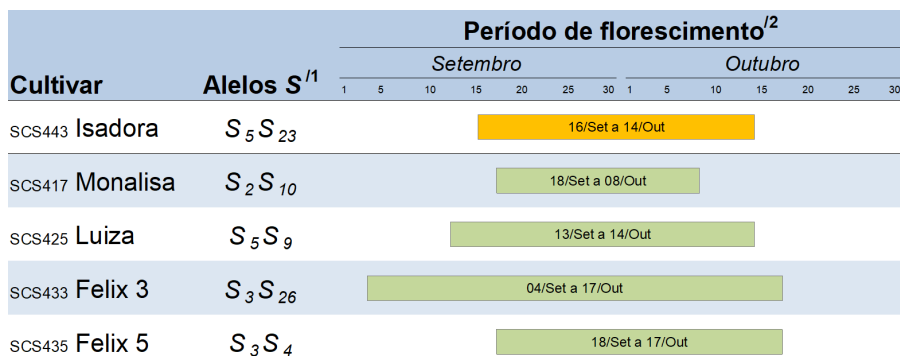


Figura 1. Período médio de florescimento dos genótipos de macieira em Caçador, região Meio-Oeste de Santa Catarina

¹ Genotipagem realizada por meio de marcadores de DNA específicos

Fonte: BRANCHER et al. (2020a, 2020b); BRANCHER et al. (2021); ² Dados médios de vários anos (2007/2008 a 2013/2014), coletados na Epagri/Estação Experimental de Caçador "José Oscar Kurtz", Caçador, SC

Figure 1. Average flowering period of apple tree genotypes in Caçador, Mid-West region of Santa Catarina State, Brazil

¹ Genotyping performed using specific DNA markers

Source: BRANCHER et al. (2020a, 2020b); BRANCHER et al. (2021)

² Average data from several years (2007/2008 a 2013/2014), collected at Epagri/Caçador Experimental Station "José Oscar Kurtz", Caçador, SC, Brazil

vou interação significativa entre a fonte de pólen utilizada e o ano agrícola (safra) para nenhuma das características, tendo sido, portanto, analisadas no seu efeito médio. Na média dos dois anos de experimentos de polinização a campo realizados (não houve efeito significativo do fator 'ano', somente dos tratamentos de polinização), o número de frutos produzidos pela 'SCS443 Isadora' utilizando os quatro genótipos polinizadores foi igualmente maior do que a au-

topolinização (Tabela 1). A presença de apenas alguns frutos de autopolinização no primeiro ano (2022/2023) pode ser resultante de contaminação cruzada durante a realização da polinização até a retirada do papel Kraft. Na literatura podem ser encontrados alguns relatos de ocorrência contaminação cruzada com pólen de genótipos indesejáveis em programas de melhoramento genético por hibridações e, por consequência, equívocos nos registros da genealogia

de novos cultivares lançados (Brancher et al., 2023; Sakurai; Brown; Weeden, 2000), o que dá suporte à hipótese da ocorrência de alguns poucos frutos nas autofecundações do primeiro ciclo dos cruzamentos-teste (2022/2023).

O mesmo comportamento se observou para a frutificação efetiva, em que não houve diferença entre os tratamentos utilizados como fonte de pólen, sendo que todos os genótipos polinizadores proporcionaram maior frutificação efetiva em comparação à autopolinização (Tabela 1).

Não houve diferença na massa dos frutos formados, independente do genótipo polinizador utilizado (Tabela 2). Da mesma maneira, não houve diferença no número de lóculos com e sem sementes na macieira 'SCS443 Isadora' entre as diferentes fontes de pólen testadas (Tabela 2). Contudo, o número de sementes por fruto formado, quando se utilizou 'SCS417 Monalisa' como genótipo polinizador, foi menor em comparação a 'SCS425 Luiza', 'SCS433 Felix 3' e 'SCS435 Felix 5' (Tabela 2), embora a quantidade média de sementes formadas nos frutos pela utilização de pólen de 'SCS417 Monalisa' tenha sido suficientemente alta para não acarretar problemas de deformação dos frutos. Conforme reportado por Denardi e Stuker (2008), maçãs com formato simétrico e desenvolvimento normal são afetadas pela formação ou não de

Tabela 1. Resultados da análise de variância conjunta para as variáveis número de frutos produzidos e frutificação efetiva geradas pela polinização da cultivar de macieira SCS443 Isadora com diferentes fontes de pólen nas safras 2022/2023 e 2023/2024 - Caçador, SC, 2024
Table 1. Results of the joint analysis of variance for total number of fruits and fruit set obtained by the 'SCS443 Isadora' pollination with different pollen sources in the 2022/2023 and 2023/2024 seasons - Caçador, SC, 2024

Cultivar polinizadora	Alelos S	Nº Frutos produzidos			Frutificação efetiva (%)		
		2022/23	2023/24	Média	2022/23	2023/24	Média
Autopolinização	S ₅ S ₂₃	1,17	0,00	0,64 b	5,8	0,0	3,18 b
SCS417 Monalisa	S ₂ S ₁₀	5,83	6,00	5,91 a	29,2	30,0	19,55 a
SCS425 Luiza	S ₅ S ₉	7,17	4,40	5,91 a	35,8	22,0	29,55 a
SCS433 Felix 3	S ₃ S ₂₆	5,17	8,20	6,55 a	25,8	41,0	29,55 a
SCS435 Felix 5	S ₃ S ₄	4,00	3,80	3,91 a	20,0	19,0	32,73 a
Média		4,67	5,60	4,58	23,33	22,40	22,91
C.V.(%)		-	-	58,25	-	-	58,25

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (P>0,05).

Means followed by the same letter in the column do not differ from each other, according to the Scott-Knott test (P>0.05).

Tabela 2. Massa média de frutos (g), número médio de sementes por fruto, número médio de lóculos carpelares com sementes e número médio de lóculos carpelares sem sementes nos frutos gerados pela polinização de flores de ‘SCS443 Isadora’ com diferentes fontes de pólen nas safras 2022/2023 e 2023/2024 - Caçador, 2024

Table 2. Averages for fruit weight (g), number of seeds per fruit, number of carpel locules with seeds and number of carpel locules without seeds in fruits generated by the pollination of ‘SCS443 Isadora’ with different pollen sources in the 2022/2023 and 2023/2024 seasons - Caçador, SC, Brazil, 2024

Cultivar polinizadora	Massa dos frutos (g)	Nº sementes por fruto	Nº lóculos SEM semente	Nº lóculos COM semente
SCS417 Monalisa	99,08 a	5,51 b	1,48 a	3,65 a
SCS425 Luiza	90,63 a	6,40 a	1,25 a	3,97 a
SCS433 Felix 3	93,26 a	6,72 a	1,15 a	4,27 a
SCS435 Felix 5	100,59 a	7,03 a	1,23 a	4,04 a
Média	95,89	6,42	1,27	3,98
C.V.(%)	13,43	18,18	49,42	17,18

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P>0,05$).

Means followed by the same letter in the column do not differ from each other, according to the Scott-Knott test ($P>0.05$).

sementes em cada um dos cinco carpelos que formam as flores do gênero *Malus*. Dessa forma, todos os genótipos polinizadores avaliados proporcionam boa formação de sementes no cultivar SCS443 Isadora.

Quanto aos alelos *S* identificados nos genótipos avaliados, o cultivar SCS443 Isadora apresenta genótipo S_5S_{23} . Considerando os genótipos polinizadores testados, apenas ‘SCS425 Luiza’ (S_5S_9) se mostrou semicompatível, pois apresentou um dos alelos em comum com ‘SCS443 Isadora’, o alelo S_5 . Todos os demais genótipos polinizadores considerados nesse estudo são totalmente compatíveis com ‘SCS443 Isadora’ (Tabela 1). Brancher *et al.* (2020a, 2020b) já reportaram que, quando há compatibilidade entre os alelos *S*, o tubo polínico cresce normalmente até alcançar o óvulo, resultando em uma fecundação bem-sucedida. Isso maximiza a produção de frutos e a viabilidade das sementes (Garratt *et al.*, 2016; Pilati; Fontana; Angeli, 2020). Considerando as informações genéticas, todos os genótipos polinizadores testados apresentam compatibilidade para serem utilizados em pomares comerciais de ‘SCS443 Isadora’, sendo ao menos semicompatíveis.

Em tese, a formação de frutos e de sementes nos frutos seria maior entre genótipos completamente compatíveis

do que entre genótipos semicompatíveis, porém essa diferença não foi identificada na polinização artificial, como já identificado por Brancher *et al.* (2020b). Quando se trata do comportamento dos cultivares em condições de manejo comerciais, seja com polinização aberta, seja com polinização direcionada, há maior formação de frutos e sementes por fruto em cruzamentos totalmente compatíveis em comparação a cruzamentos entre genótipos semicompatíveis (Olhnuud *et al.*, 2022; Schneider *et al.*, 2001). Contudo, a utilização de cultivares semicompatíveis é possível, desde que se disponha no pomar de maior proporção de insetos polinizadores e de plantas do genótipo polinizador em comparação às proporções convencionalmente utilizadas em pomares comerciais que, via de regra, variam entre 12 e 20% de plantas do genótipo polinizador (Hoffmann *et al.*, 2004). Nesse contexto, a utilização dos cultivares SCS417 Monalisa e SCS425 Luiza em sistemas de filas alternadas com ‘SCS443 Isadora’ é uma prática sugerida, pois mesmo ‘SCS425 Luiza’ sendo semicompatível, é possível garantir grande quantidade de pólen para polinização no pomar e, portanto, altas taxas de frutificação efetiva sem a necessidade de inclusão de plantas de algum genótipo polinizador silvestre específico no pomar. Isso

pode maximizar o potencial produtivo da área, pois não há a necessidade de ocupação de área de pomar com plantas que não produzem frutos de qualidade comercial, como é o caso dos cultivares da série Felix. No entanto, como as épocas de maturação e colheita dos frutos de SCS417 Monalisa, SCS425 Luiza e SCS443 Isadora são diferentes, é importante que o produtor esteja bastante atento ao manejo fitossanitário do pomar, para evitar a colheita de maçãs dentro do período de carência dos produtos convencionalmente utilizados.

Conclusões

- O cultivar SCS443 Isadora não possui característica de autofertilidade, pois a autopolinização não gerou frutos nos experimentos de campo;
- Os cultivares SCS433 Felix 3 (S_3S_{26}), ‘SCS435 Felix 5’ (S_3S_4) e SCS417 Monalisa (S_2S_{10}) apresentam compatibilidade plena, enquanto que ‘SCS425 Luiza’ (S_5S_9) é semicompatível com ‘SCS443 Isadora’ (S_5S_{23}).
- Os cultivares copa SCS417 Monalisa e SCS425 Luiza, bem como os cultivares polinizadores SCS433 Felix 3 e SCS435 Felix 5, são indicados como genótipos polinizadores em pomares comerciais da macieira ‘SCS443 Isadora’.

Agradecimentos

À Epagri, ao CNPq (Projeto 404475/2016-7), à Capes, à Fapesc, à Udesc e à Finep, pelo fomento à pesquisa e pelas bolsas de estudo.

Referências

AGAPITO-TENFEN, S.Z.; DANTAS, A.C. DE M.; DENARDI, F.; NODARI, R.O. Identification of the Er1 resistance gene and RNase S-alleles in *Malus prunifolia* var. ringo rootstock. **Scientia Agricola**, v.72, n.1, p.62–68, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2013-0210>

AHMAD, M.H.; RAO, M.J.; HU, J.; XU, Q.; LIU, C.; CAO, Z.; LARKIN, R.M.; DENG, X.; BOSCH, M.; CHAI, L. Systems and breakdown of self-incompatibility. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.41, n.3, p.209–239, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/07352689.2022.2093085>

ALBUQUERQUE JUNIOR, C.L. DE; DENARDI, F.; DE DANTAS, A.C.M.; NODARI, R.O.; DE ALBUQUERQUE, C.L.; DENARDI, F.; DE MESQUITA DANTAS, A.C.; NODARI, R.O. The self-incompatible RNase S-alleles of Brazilian apple cultivars. **Euphytica**, v.181, n.2, p.277–284, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-011-0431-0>

BRANCHER, T.L.; HAWERROTH, M.C.; KVITSCHAL, M.V.; MANENTI, D.C.; GUIDOLIN, A.F. Self-incompatibility alleles in important genotypes for apple breeding in Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.20, n.4, e-28652041, 2020a. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332020v20n4a54>

BRANCHER, T.L.; HAWERROTH, M.C.; KVITSCHAL, M.V.; GUIDOLIN, A.F.; DENARDI, F.; COUTO, M.; CARLESSO, C. Identification of pollinizers for apple 'SCS426 Venice'. **Bragantia**, v.80, e-0521, 2020b. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20200129>

BRANCHER, T.L.; HAWERROTH, M.C.; KVITSCHAL, M. V.; SCHUH, F.S.; VARGAS, K.C.; DENARDI, F.; GUIDOLIN, A.F. Indicação de genótipos polinizadores para os cultivares de macieira SCS425 Luiza e SCS427 Elenise. **Agropecuária Catarinense**, v.34, n.1, p.54–60, 2021. DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v34i1.1094>

BRANCHER, T.L.; KVITSCHAL, M.V.; BOSETTO, L.; SAIKI, F.A.; HAWERROTH, M.C.; GUIDOLIN, A.F.; Pedigree testing for the SCS425 Luiza apple cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.23, n.4, e-45232343, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1984-70332023v23n4a38>

BROOHTHAERTS, W.; VAN NERUM, I.; KEULEMANS, J. Update on and review of the incompatibility (S-) genotypes of apple cultivars. **HortScience**, v.39, n.5, p.943–947, 2004. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.39.5.943>

DENARDI, F.; KVITSCHAL, M.V.; ARGENTA, L.C.; COUTO, M.; ARAÚJO, L. SCS443 ISADORA: late ripening apple cultivar with very high fruit storage ability. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.45, e-161, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-29452023161>

DENARDI, F.; STUKER, H. Eficiência de diferentes cultivares de macieira como polinizadoras da 'Castel Gala' e da 'Condessa'. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.21, p.79–83, 2008.

GARRATT, M.P.D.; BREEZE, T.D.; BOREUX, V.; FOUNTAIN, M.T.; MCKERCHAR, M.; WEBBER, S.M.; COSTON, D.J.; JENNER, N.; DEAN, R.; WESTBURY, D.B.; BIESMEIJER, J.C.; POTTS, S.G. Apple Pollination: Demand Depends on Variety and Supply Depends on Pollinator Identity. **PLOS ONE**, v.11, n.5, e-0153889, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153889>

HOFFMANN, A.; PETRI, J. L.; LEITE, G. B.; BERNARDI, J.; ZANCAN, C.; CAMELATTO, D. Tratos culturais In: NACHTIGALL, G. R. (Ed.) Maçã: produção. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, p.78-91, 2004.

KVITSCHAL, M.V.; DENARDI, F.; SCHUH, F.S.; MANENTI, D.C. Identificação de polinizadoras para a cultivar de macieira Daiane. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.1, p.9–14, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000100002>

MATSUMOTO, S. Apple pollination biology for stable and novel fruit production: Search system for apple cultivar combination showing incompatibility, semicompatibility, and full-compatibility based on the S-RNase allele database. **International Journal of Agronomy**, v.2014, p.1–9, 2014.

OLHNUUD, A.; LIU, Y.; MAKOWSKI, D.; TSCHARNTKE, T.; WESTPHAL, C.; WU, P.; WANG, M.; VAN DER WERF, W. Pollination deficits and contributions of pollinators in apple production: A global meta-analysis. **Journal of Applied Ecology**, v.59, n.12, p.2911–2921, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14279>

PILATI, L.; FONTANA, P.; ANGELI, G. Commercial Pollination of Apple Orchards: Val di Non Case Study. Em: **Modern Beekeeping - Bases for Sustainable Production**. [s.l.] IntechOpen, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90429>

REVERS, L.F.; LAMPE, V.S.; OLIVEIRA, P.R.D. DE; CAMARGO, U.A.; LIMA, J.C. DE. Uso prático de marcadores moleculares para seleção assistida no melhoramento de uvas de mesa apirênicas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.1, p.104–108, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000100029>

SAKURAI, K.; BROWN, S.K.; WEEDEN, N. Self-incompatibility alleles of apple cultivars and advanced selections. **Hortscience**, v.35, p.116–119, 2000. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.35.1.116>

SASSA, H. Molecular mechanism of the S-RNase-based gametophytic self-incompatibility in fruit trees of Rosaceae. **Breeding Science**, v.66, p.116–121, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1270/jsbbs.66.116>

SCHNEIDER, D.; STERN, R.; EISIKOWITZ, D.; GOLDWAY, M. Analysis of S-alleles by PCR for determination of compatibility in the 'Red Delicious' apple orchard. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.76, n.5, p.596–600, 2001.

Os números da agropecuária catarinense estão todos em um só lugar



INFOAGRO

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

Acesse pelo computador, tablet ou celular:

www.infoagro.sc.gov.br



Pastagem exuberante na região de Lages

Foto: Aires C. Mariga