PESQUISAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS

Volume XI

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
org.

Pantanal Editora

2022

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Organizadores

Pesquisas agrárias e ambientais
Volume XI

Pantanal Editora

2022

Copyright© Pantanal Editora
Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo
Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome	Instituição
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos	OAB/PB
Profa. Msc. Adriana Flávia Neu	Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois	UO (Cuba)
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior	IF SUDESTE MG
Profa. Msc. Aris Verdecia Peña	Facultad de Medicina (Cuba)
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia	ISCM (Cuba)
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva	UFESSPA
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo	UEA
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu	UNEMAT
Prof. Dr. Carlos Nick	UFV
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia	AJES
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos	UFGD
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva	UEMS
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos	IFPA
Prof. Msc. David Chacon Alvarez	UNICENTRO
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira	IFMT
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira	UFMG
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão	URCA
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves	ISEPAM-FAETEC
Prof. Me. Ernane Rosa Martins	IFG
Prof. Dr. Fábio Steiner	UEMS
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza	UFF
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez	(Colômbia)
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles	UNAM (Peru)
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira	IFRR
Prof. Msc. Javier Revilla Armesto	UCG (México)
Prof. Msc. João Camilo Sevilla	Mun. Rio de Janeiro
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales	UNMSM (Peru)
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski	UFMT
Prof. Msc. Lucas R. Oliveira	Mun. de Chap. do Sul
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela	IFPR
Prof. Dr. Leandris Argentel-Martínez	Tec-NM (México)
Profa. Msc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan	Consultório em Santa Maria
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann	UFJF
Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior	UEG
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos	FAQ
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla	UNAM (Peru)
Profa. Msc. Mary Jose Almeida Pereira	SEDUC/PA
Profa. Msc. Núbia Flávia Oliveira Mendes	IFB
Profa. Msc. Nila Luciana Vilhena Madureira	IFPA
Profa. Dra. Patrícia Maurer	UNIPAMPA
Profa. Msc. Queila Pahim da Silva	IFB
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty	UO (Cuba)
Prof. Dr. Rafael Felippe Ratke	UFMS
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva	UFPI
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes	UFG
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memorian*)	UEMA
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos	IFB
Msc. Tayronne de Almeida Rodrigues	
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca	UFPI
Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira	FURG
Profa. Dra. Yilan Fung Boix	UO (Cuba)
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme	UFT

Conselho Técnico Científico
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

P472 Pesquisas agrárias e ambientais [livro eletrônico] : volume XI / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2022. 239p.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
ISBN 978-65-81460-41-9
DOI https://doi.org/10.46420/9786581460419

1. Ciências agrárias – Pesquisa – Brasil. 2. Meio ambiente. 3.Sustentabilidade. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González.
CDD 630

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
https://www.editorapantanal.com.br
contato@editorapantanal.com.br

Apresentação

As áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais são importantes para a humanidade. De um lado, a produção de alimentos e do outro a conservação do meio ambiente. Ambas, devem ser aliadas e são imprescindíveis para a sustentabilidade do planeta. A obra, vem a materializar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano.

O e-book "Pesquisas Agrárias e Ambientais Volume XI" é a continuação de uma série de volumes de e-books com trabalhos que visam otimizar a produção de alimentos, o meio ambiente e promoção de maior sustentabilidade nas técnicas aplicadas nos sistemas de produção das plantas e animais. Ao longo dos capítulos são abordados os seguintes temas: fatores físico-químicos que interferem no processo de compostagem; ácido húmico e microrganismos promotores de crescimento na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plantas de pepineiro; bioatividade de extratos de laranja e alho no desempenho germinativo de sementes de cenoura; paradigmas associados ao cultivo do eucalipto no cerrado; accelerated aging, cold, and electrical conductivity tests as parameters to analyze wheat seed vigor; germinação de sementes de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção: uma revisão; desempenho agronômico de híbridos de milho em segunda safra no Mato Grosso do Sul; agricultura 4.0: desenvolvimento, aplicações e impactos sociais; uso do biossólido como substrato para a produção de mudas; atributos físicos de uma topossequência de Luvissolos Crômicos (TC) no Semiárido paraibano; três espécies de Senecio (Asteraceae) proibidas na composição de produtos tradicionais fitoterápicos no Brasil; censo de roedores por consumo de alimentos no município de Paranaguá; uso da programação linear para estimar ganhos econômicos em sistemas de integração lavoura-pecuária: o caso da combinação da ovinocultura com atividades agrícolas no estado do Paraná, Brasil; comparação da presença de *Cryptococcus* ssp. em área verde urbana antes e após processo de revitalização; dificuldades e estratégias na comercialização de produtos da feira livre da Quatorze de Março em Capanema, Pará; análise dos impactos ambientais causados pela urbanização no Igarapé Sajope no município de Igarapé-Açu – Pará; aspectos Sobre a Produção e Comercialização de Tomate Orgânico; produção de Brássicas na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro. Portanto, esses conhecimentos irão agregar muito aos seus leitores que procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na produção de alimentos e do ambiente, ou melhorar a qualidade de vida da sociedade. Sempre em busca da sustentabilidade do planeta.

Aos autores dos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na área de Ciência Agrárias e Ciências Ambientais Volume XI, os agradecimentos dos Organizadores e da Pantanal Editora. Por fim, esperamos que este ebook possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e avanços para as áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

Os organizadores

Sumário

Apresentação **4**

Capítulo 1 ..... **7**

Fatores físico-químicos que interferem no processo de compostagem 7

Capítulo 2 ..... **18**

Ácido húmico e microrganismos promotores de crescimento na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plantas de pepineiro 18

Capítulo 3 ..... **27**

Bioatividade de extratos de laranja e alho no desempenho germinativo de sementes de cenoura 27

Capítulo 4 ..... **38**

Ainda, sobre os paradigmas associados ao cultivo do eucalipto no cerrado 38

Capítulo 5 ..... **55**

Accelerated aging, cold, and electrical conductivity tests as parameters to analyze wheat seed vigor 55

Capítulo 6 ..... **66**

Germinação de sementes de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção: uma revisão 66

Capítulo 7 ..... **81**

Desempenho agronômico de híbridos de milho em segunda safra no Mato Grosso do Sul 81

Capítulo 8 ..... **91**

Agricultura 4.0: desenvolvimento, aplicações e impactos sociais 91

Capítulo 9 ..... **103**

Uso do biossólido como substrato para a produção de mudas 103

Capítulo 10 ..... **115**

Atributos físicos de uma topossequência de Luvissolos Crômicos (TC) no Semiárido paraibano 115

Capítulo 11 ..... **133**

Três espécies de *Senecio* (Asteraceae) proibidas na composição de produtos tradicionais fitoterápicos no Brasil 133

Capítulo 12 ..... **141**

Censo de roedores por consumo de alimentos no município de Paranaguá 141

Capítulo 13 ..... **158**

Uso da programação linear para estimar ganhos econômicos em sistemas de integração lavoura-pecuária: o caso da combinação da ovinocultura com atividades agrícolas no estado do Paraná, Brasil 158

Capítulo 14 ..... **177**

Comparação da presença de *Cryptococcus ssp.* em área verde urbana antes e após processo de revitalização 177

Capítulo 15 ..... **186**
Dificuldades e estratégias na comercialização de produtos da feira livre da Quatorze de Março em Capanema, Pará 186
Capítulo 16 ..... **195**
Análise dos impactos ambientais causados pela urbanização no Igarapé Sajope no município de Igarapé-Açu – Pará 195
Capítulo 17 ..... **206**
Aspectos Sobre a Produção e Comercialização de Tomate Orgânico 206
Capítulo 18 ..... **221**
Produção de Brássicas na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro 221
Índice Remissivo **235**
Sobre os organizadores **236**

Capítulo 1

Fatores físico-químicos que interferem no processo de compostagem

Recebido em: 22/04/2022
Aceito em: 27/04/2022
10.46420/9786581460419cap1

José Dantas Araújo Lacerda[1]
André Seiva de Brito[1]
Mateus Oliveira Silva[1*]
Cíntia Araújo Soares[1]
Mateus Aquino Alves[2]
Valéria Almeida França[1]
Ana Célia Almeida Mendes[1]
Larah Nicolle Alves Pacheco[1]
Vanessa Silva Dos Santos[1]
Áurea Izabel Aguiar Fonseca e Souza[1]

INTRODUÇÃO

Os problemas causados pela degradação ambiental atrelados a escassez de recursos naturais, tem levado o homem a refletir de forma mais pertinente sobre a reciclagem dos resíduos oriundos da ação antrópica (Bezerra et al., 2020). O volume de resíduos gerados nos últimos anos é caracterizado como um problema de cunho socioeconômico e ambiental, devido principalmente ao desenvolvimento do setor industrial, atrelado ao crescimento populacional e hábitos de consumo atual (Souza, 2020).

Diante deste cenário houve um aumento na procura por técnicas que promovam o destino correto dos resíduos. Dentre os métodos viáveis para a reutilização de resíduos orgânicos destaca-se a compostagem, um processo biológico de decomposição aeróbia controlada, por meio da ação de microrganismos, e de estabilização da matéria orgânica (Cotta et al., 2015).

De acordo com Santos et al. (2018) a compostagem é uma prática capaz de atender em partes a demanda do mercado agrícola, reduzindo o volume de fertilizantes sintéticos necessários no meio de produção, além de proporcionar economia nos gastos e na redução dos impactos ambientais, uma vez que a adoção desta metodologia pode promover um destino correto para os resíduos orgânicos (Melo; Zanta, 2016).

[1] Universidade Federal Rural da Amazônia
[2] Universidade Estadual do Tocantins
[*] Autor correspondente: olivermateus11@gmail.com

O resultado do processo de compostagem aeróbica é um produto estável, capaz de melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo, produzindo efeitos benéficos na agricultura (Lim et al., 2016). Gerando benefícios também para a gestão urbana, tendo em vista que o uso do composto gerado, viabiliza a produção de alimentos em regiões urbanas e periurbanas, além de auxiliar no reflorestamento das cidades, assim como na manutenção das áreas verdes (Zago; Barros, 2019).

Esta metodologia resulta da interação de fatores de ordem física, química e biológica (Ajmal et al., 2021). Logo, o estudo das variáveis envolvidas neste processo é essencial para obter um pleno desenvolvimento ou aperfeiçoamento desta técnica.

Portanto, objetivou-se com esse trabalho caracterizar os principais fatores físico-químicos e biológicos inerentes ao processo de compostagem. Espera-se que os resultados desta pesquisa possam contribuir fornecendo subsídio teórico para a disseminação desta metodologia em prol de um desenvolvimento sustentável.

MATERIAL E MÉTODOS

A revisão sistemática da literatura foi realizada, entre fevereiro / 2022 e abril / 2022, por meio do portal da revista Capes, SCIELO (*Scientific Eletronic library online*), Redalyc (*Add redalyc*) e BVCA (Biblioteca Virtual em Ciências Agrárias) utilizando-se da ferramenta de pesquisa avançada com a combinação dos descritores "Compostagem, Oxidação, Resíduos orgânicos e características físico-químicas".

A seleção dos artigos baseou-se nos seguintes critérios: publicações nacionais e internacionais que responderam a busca avançada, sem restrição de período de tempo, com vistas a compreender a historicidade das pesquisas sobre a temática. Ressalta-se que, apesar da ausência de restrição de tempo, todos os artigos encontrados se enquadraram no intervalo de publicações realizadas entre os anos de 1998 e 2022.

Revisão de literatura

A compostagem é o processo de decomposição biológica que se dá com a degradação aeróbia dos resíduos orgânicos de forma controlada, a partir de condições ideais de umidade, oxigênio e nutrientes. Tais condições propiciam a ação de macro e microrganismos sobre a fração orgânica, produzindo um material final chamado composto orgânico (MMA, 2018).

É um processo natural, resultante da interação entre diversos fatores, tais como a umidade, temperatura, aeração (Ajmal et al., 2021), alguns outros parâmetros também são relevantes no processo de oxidação, dentre eles destacam-se parâmetros químicos e biológicos como a relação C/N, pH e constituição microbiológica (Kiehl, 2012).

Todos esses fatores, quando em condições ideais, promovem a conversão da matéria orgânica crua em substâncias húmicas e fúlvicas, com propriedades físico-químicas diferentes do substrato que lhe deu origem (Costa et. al., 2005).

AERAÇÃO

A compostagem é essencialmente um processo aeróbico, portanto o fornecimento de ar é indispensável para que a atividade microbiológica ocorra de maneira eficiente (Kiehl, 2012). Segundo Valente et al. (2009) a aeração no processo de compostagem pode ser feita de modo natural, de maneira forçada ou por meio de revolvimentos que podem ser feitos com instrumentos manuais como enxadas e pás, ou até mesmo com equipamentos autopropelidos que realizem a homogeneização do material em decomposição.

Esse fator atrelado com outros como umidade e temperatura das leiras influencia diretamente no tempo de maturação do material e na diminuição de odores provenientes do processo de decomposição, pois se não houver aeração adequada pode ocorrer o processo anaeróbico assim como prolongar o ciclo de compostagem (Kiehl, 2012).

A ação de degradação biológica usa o oxigênio difuso, transformando o carbono do substrato orgânico para obter energia, o que libera CO_2, água e gera calor, que leva a um produto estável semelhante ao húmus de minhoca, denominado de composto orgânico (Mason; Milke, 2005).

Para garantir um bom desenvolvimento é necessário adotar algumas recomendações relacionadas diretamente com a aeração do composto. O material a ser decomposto pode ser empilhado, porém não deve sofrer compactação excessiva e, periodicamente, deve ser revolvido para a dissipação do calor gerado pela biota e para a evaporação da água (Oliveira et al., 2004).

A frequência de retorno recomendável segundo Pereira Neto (2007) é de aproximadamente duas vezes por semana, porém esta pode ser feita quando é notado em campo um quadro de alta temperatura ou de saturação (excesso de água). Porém é importante ressaltar que realizar revolvimentos de forma demasiada pode afetar negativamente a dinâmica do nitrogênio (N) no composto.

O revolvimento pode ser realizado basicamente de forma manual ou mecanizada, podendo ser empregado em casos onde há grande disponibilidade de resíduos os dutos (Túneis de ventilação) para a condução de ar pela pilha de compostagem, em uma metodologia denominada de compostagem de leira estática aerada (Pereira Neto, 2007). Ao adotar este sistema de compostagem é possível obter redução na mão de obra uma vez que não é necessário seguir a recomendação de aeração a cada três dias e é notável também um aumento na eficiência do processo de decomposição, porém requer a construção das estruturas de aeração (Teixeira, 2004).

TEMPERATURA

É o principal parâmetro de controle no processo de decomposição, possui fácil mensuração e indica diretamente a eficiência da oxidação da matéria orgânica (SILVA, 2017). Naturalmente a decomposição da matéria orgânica apresenta uma marcante variação de temperatura, e de acordo Kiehl (2012) é possível através do comportamento térmico, dividir o processo de compostagem em duas grandes fases: Termofilica e Mesofilica.

É fato que a uma variação térmica ao decorrer do processo, possibilitando essa divisão, de acordo com Mohee et al. (2008) é possível de forma clara distinguir três fases durante a decomposição, a primeira é mesofilica (<45°C), trata-se de uma fase inicial onde a microbiota começa atuando, ocasionando o aumento da temperatura (Pereira Neto, 2007). O aumento da temperatura proporcionado pela microbiota culmina em uma fase denominada de termofilica onde são registradas temperaturas superiores à 45°C, neste momento há uma sucessão microbiológica, levando ao declínio a população de organismos mesofílicos, em contrapartida há aumento de populações termofílicas (Oliveira et al., 2009).

Nesta fase há especialmente espécies de actinobactérias uma vez que estas toleram ambientes com temperatura de até 60°C (Tuomela et al., 2000). Em contrapartida é notável uma baixa variabilidade de fungos uma vez que somente algumas espécies podem ocorrer em ambientes com temperaturas superiores à 50°C (Inácio; Miller, 2009).

Quando os recursos orgânicos necessários para o pleno desenvolvimento da microbiota se tornam escassos, ocorre o resfriamento da leira tendo em vista que a população microbiana entra em declínio, obtendo-se uma temperatura similar à temperatura ambiente, o que indica o ponto de maturação do composto (Souza, 2020)

A fase termofílica proporciona a redução de populações bacterianas oriundas tanto de resíduos orgânicos domésticos como do material orgânico do lodo de esgoto, contribuindo para a estabilização do composto. Alguns estudos demonstram a importância da temperatura no controle de microrganismos patogênicos, o aumento da temperatura é importante para o combate de agentes etiológicos como a Salmonella spp. precisam de pelo menos 60°C de temperatura e permanecer nesta por pelo menos 5 a 7 dias para serem inativados. Bryndum et al. (2017), afirmam que a manutenção da temperatura acima de 50ºC por três dias seguidos é benéfica para a eliminação, ou redução significativa, de patógenos e propágulos de plantas daninhas.

Apesar da relevância de promover altas temperaturas é válido destacar durante a fase termofílica ocorrem grandes perda de N, devido a conversão de nitrogênio para a forma de amônia, que facilmente poderá ser perdido por volatilização, se beneficiando com as altas temperaturas desenvolvidas (Vázquez et al., 2018).

A segunda fase mesofílica ocorre após um período de altas temperaturas (fase termofílica), esta fase é denominada de fase de cura ou maturação, caracteriza-se pela elevada decomposição dos

constituintes lignocelulósicos (Bernal et al., 2009). É nesta fase que há uma diminuição expressiva da temperatura, chegando a alcançar patamares semelhantes à temperatura ambiente (Pereira Neto, 2007).

RELAÇÃO C/N

O Carbono é a principal fonte de energia para os microrganismos, sendo esta necessária para a oxidação da matéria orgânica, sua demanda é grande em comparação com a de nitrogênio, elemento essencial para a síntese proteica, crescimento e reprodução da microbiota (Valente, 2009; Silva et al., 2003).

Entender a relação entre estes dois nutrientes é de grande relevância dentro do processo de compostagem, pois resíduos com uma alta relação C/N se decompõem mais lentamente diferente de quando a relação C/N for menor. Segundo Kiehl (2004) a relação inicial ótima para o processo é de 30/1, quando há valores mais elevados o crescimento dos microrganismos é desacelerado pela falta de nitrogênio consequentemente uma decomposição mais lenta, porém o excesso de N aumenta o processo de degradação da matéria e cria áreas anaeróbias (Fernandes; Silva, 1999).

A relação C/N é um parâmetro muito utilizado para caracterizar a maturação do composto e definir suas qualidades agronômicas, porém requer estudos laboratoriais para obtenção de um valor acurado (Lourenço et al., 2009). A redução desta relação é esperada ao decorrer do processo, Zhang e He (2006), definem a redução da relação C/N no processo de compostagem em função da decomposição da matéria orgânica e perda de CO2 por meio da respiração microbiana.

A redução da relação C/N é descrita em vários estudos, como o de Kurola (2011) o qual obtiveram valores acima de 25/1 no início de um experimento de compostagem com a adição de cinzas, o composto avaliado ao fim do experimento apresentava valor C/N de 4/1. Estudos de Pedrosa, Farias, Pereira, & Farias (2013) com compostagem de resíduo agroindustrial constataram redução da relação C/N de 28:1, no início da compostagem, para 6:1 em maturação, demonstrando a eficácia da microbiota.

Para obter sucesso no processo de compostagem é necessário ter conhecimento sobre a relação C/N e garantir que esta fique adequada nas recomendações de acordo com a literatura, isto pode ser feito utilizando-se da combinação de diversos constituintes, que variam de componentes fibrosos com alto teor de carbono (Maravalha, resto de podas entre outros) e componentes com alto teor de nitrogênio (Folhas verdes, esterco bovino, fezes de aves e outros) (Valente et al., 2009).

PH

O pH é um importante parâmetro químico na compostagem, de acordo com Pereira Neto (2011) existe um intervalo de pH, considerado ótimo para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela compostagem, sendo este situado entre 4,5 e 9,5, uma vez que a maioria das enzimas se encontra ativa nesta faixa de pH. Valores extremos desta variável são automaticamente regulados pela microbiota,

por meio da degradação dos compostos, que produzem subprodutos ácidos ou básicos (Costa et al., 2015).

Através de análises químicas em diferentes estágios do processo de decomposição é possível identificar alterações significativas no pH ao decorrer do tempo, devido a atuação da microbiota associada, nos primeiros dias o pH tende a reduzir (Tornar-se mais ácido) devido a intensa atuação hidrolítica dos microrganismos (Souza, 2020).

De acordo com Costa et. al. (2016), nos primeiros dias do processo de compostagem, o ambiente fica ácido devido a presença de fungos e bactérias, ao digerirem a matéria orgânica, liberam ácidos que também são decompostos até serem completamente oxidados. Ainda segundo este autor, valores baixos de pH (abaixo de 4,5) são indicativos de falta de maturação/estabilização, e limitam à atividade microbiana.

Estudos de Souza (2020) demonstram na prática esta variação, ao utilizar lodo proveniente da agroindústria foi possível verificar que aos 108 dias de decomposição o pH das leiras é mais elevado em comparação ao substrato crú, alcançado pH de até 10,06. Resultados semelhantes foram obtidos por Leal et al. (2011), em seu experimento de compostagem de crotalária, capim elefante e torta de mamona mostraram que após 60 dias de compostagem o pH estabilizou em valores próximos a 7,8.

Em estudos sobre compostagem de resíduos urbanos Jahnel et al. (2008) observaram que no início do processo a massa em compostagem apresentou-se ácida (5,0) e, após cerca de 50 dias, atingiu valores próximos a 8,5.

De acordo com Pereira Neto (2007) a compostagem pode ser desenvolvida em uma faixa de pH que varia entre 4,5 e 9,5, sendo que esses valores são regulados pelos microrganismos, por meio da degradação dos compostos. Porém, de acordo com Cooper et al. (2010) a faixa ideal de pH para a maioria dos microrganismos envolvidos no processo é de 6,5 à 8,0. Os ácidos produzidos na fase de decomposição ativa (fase de alta temperatura e elevada acidez) são decompostos, atingindo na etapa final do processo um pH alcalino (Pedrosa et al., 2013).

Caso ocorra um pH menor que 4,5 são grandes as chances de ocorrer uma drástica redução da atividade microbiana, impossibilitando a sucessão biológica responsável pela fase termofílica do processo. Em contrapartida valores elevados de pH (>9,5) podem acarretar perdas de nutrientes, especialmente do nitrogênio através da volatização da amônia (NH^3) (Massukado, 2008).

UMIDADE

A presença de água é fundamental assim como os demais fatores para a manutenção da vida microbiana. Durante todo o processo de compostagem é possível verificar alterações nos teores de água, este comportamento está relacionado com as condições climáticas do meio onde o substrato foi inserido,

havendo perdas de água através da evaporação e a incorporação de água através da precipitação (Inácio; Miller, 2009).

Apesar de ser relevante garantir o aporte de água, este deve ser feito de forma correta, respeitando os limiares descritos na literatura. O teor aceitável de umidade no composto está entre 50 e 60%, sendo que a umidade pode ser ajustada com a inclusão de diferentes componentes ou pela adição de água (Fernandes; Silva, 1999). Segundo Richard (2002) alto teor de umidade faz com que a água ocupe os espaços vazios, impedindo a circulação de oxigênio, acarretando reações anaeróbicas, decomposição lenta e até perdas de nutrientes através da lixiviação e da volatilização.

No entanto, Pereira Neto (2007) relata em seus trabalhos que valores menores que 40% de umidade, culminam na inibição da atividade biológica, o que implica em perda de eficiência devido a baixa atividade metabólica dos microrganismos. É recomendável a prática da irrigação do resíduo em decomposição em casos que a massa possua umidade próxima ou menor que 40% (Brito, 2006).

Porém é válido ressaltar que o composto maturado deve apresentar teores menores de umidade, naturalmente o teor de umidade do composto tende a diminuir ao longo do processo, sendo que ao final o teor de umidade considerado ótimo é de aproximadamente 30% (Oliveira, 2001).

Algumas recomendações básicas são adotadas para um bom manejo da umidade, Brito (2006) recomenda a adoção de coberturas para o material a ser decomposto, de modo a garantir que não ocorra contato direto com o sol, vento e chuva. A cobertura pode ser feita com resíduos vegetais ou até mesmo com estruturas fixas como galpões. Outra recomendação importante está relacionada com a saturação do composto, deve-se evitar criar ambientes saturados (Anaeróbicos), em casos onde ocorra a saturação, deve ser realizado o revolvimento do composto até que este apresente teores ideais de umidade (Pereira Neto, 2007).

GRANULOMETRIA

Este parâmetro refere-se ao tamanho das partículas do substrato a ser compostado. Para obter sucesso na prática da compostagem é necessário ter controle também sobre a granulometria dos resíduos, uma vez que de acordo com Kiehl (2004) a granulometria influencia diretamente na umidade e na aeração. Quanto menor a partícula, maior é a superfície de contato disponível para ser atacada pela microbiota associada, o que culmina na degradação do material de uma forma mais eficiente.

Em contrapartida, Inácio e Miller (2009) defendem que partículas pequenas demais também podem acarretar sérios problemas relacionados à aeração e a compactação, podendo até mesmo gerar condições anaeróbicas (Lourenço et al., 2009). As zonas anaeróbicas agravadas pelo subdimensionamento das partículas, causam odores desagradáveis e levam à produção de composto de pior qualidade devido a lixiviação e volatilização dos nutrientes (Oliveira et al., 2009).

Estimar um tamanho ideal de partícula é uma tarefa difícil uma vez que a granulometria depende do material a ser decomposto. Porém alguns autores como Inácio e Miller (2009) indicam valores ideais entre 0,3 e 1,5 cm. Benito. (2006), avaliaram a compostagem de resíduos de podas e constataram bons resultados nos substratos que continham partículas grosseiras, entre 0,25 e 2,5 mm, tendo em vista que se verificou uma melhor taxa de umidade e adequada aeração. Por outro lado, Pereira Neto (2007) relatou em seus trabalhos que as partículas da massa em compostagem devem situar-se no intervalo entre 10 e 50 mm.

Portanto é recomendável misturar, (quando possível) vários tipos de resíduos orgânicos para adequar ou corrigir o tamanho das partículas, a mistura atua favorecendo a homogeneização da massa e proporcionando uma maior porosidade (Valente et al., 2009)

CONCLUSÃO

A compostagem é uma técnica viável e ecologicamente correta, que pode ser praticada com pouco emprego de tecnologia. Porém, não é possível abrir mão do conhecimento científico sobre a prática, uma vez que vários fatores externos e internos influenciam diretamente no processo de decomposição, entender e controlar estes fatores é essencial para garantir uma rápida degradação e um produto final com características desejáveis para fins agrícolas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ajmal, M. et al. (2021). Ultra-high temperature aerobic fermentation pretreatment composting: Parameters optimization, mechanisms and compost quality assessment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 9, n. 4, p. 105453.

Benito, M. (2006). Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability. *Bioresource Technol.*, v. 97, p. 2071-2076.

Bernal, M. P et al. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. *A review. Bioresour. Tecnol.* v. 100, p. 5444-5453.

Bezerra, D. E. et al. (2020). Panorama dos resíduos sólidos urbanos sob a perspectiva de um grupo de moradores da Cidade de Areia - PB. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 1, p. 3472-3483.

Brasil (2010). Lei 12.305/2010. Lei 12.305/2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, p. 21.

Brito, L. M. (2006). Compostagem para a agricultura biológica. Manual de Agricultura Biológica-Terras de Bouro. *Escola Superior Agrária de Ponte de Lima. /IPVC*, p. 1-21.

Bryndum, S. M. et al. (2017). Reduced turning frequency and delayed poultry manure addition reduces N loss from sugarcane compost. *Waste Management*, v. 65, p. 169-177.

Costa, A. R. S. et al. (2015). Processo da compostagem e seu potencial na reciclagem de resíduos orgânicos. *Revista GEAMA, Recife*, v. 1, n. 2, p. 246-260.

Costa, M. S. S DE M. et al. (2005). Efeito da aeração no primeiro estágio da compostagem de carcaça de aves. *Engenharia Agrícola*, v. 25, n. 2, p. 549-556.

Costa, M. S. S. DE M. et al. (2016). Performance of four stabilization bioprocesses of beef cattle feedlot manure. *Revista de gestão ambiental*, v. 181, p. 443-448.

Cotta, J. de O. et al. (2015). Composting versus vermicomposting: comparison of techniques using vegetal waste, cattle manure and sawdust. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p. 65-78.

De Oliveira Filho, J. G. (2017). Caracterização microbiológica do processo de compostagem de resíduos orgânicos em pequena escala. *Colloquium Agrariae*, p. 130-136.

De Souza, J. A. R. (2021). Tratamento de lodo de laticínios com resíduos da agroindústria por processo de compostagem. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 14, n. 4, p. 1-17.

De Souza, L. A. et al. (2020). Análise dos principais parâmetros que influenciam a compostagem de resíduos sólidos urbanos. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v. 8, n. 3.

EMBRAPA (1984). Babaçu: Programa Nacional de Pesquisa. *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Departamento de Orientação e Apoio à Programação de Pesquis*a, Brasília, p. 89.

Fernandes, F., Silva, S. M. C. P (1999). Manual prático para a compostagem de biossólidos. Londrina: *PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico.*

Grigatti, M., Cavani, L. (2011). The evaluation of stability during the composting of different starting materials: Comparison of chemical and biological parameters. *Chemosphere*, v. 83, n.1, p. 41-48.

IBGE (2014). Produção da Extração Vegetal e Silvicultura, Rio de Janeiro. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html. Acesso em: 22 abr. 2022.

IBGE (2015). Produção da extração vegetal e da silvicultura. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?=&t=destaques. Acesso em: 22 abr. 2022.

Inácio, C. T., Miller, P. R. M. (2009). Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos. Rio de Janeiro/RJ. *Embrapa Solos*. 156 p.

Jahnel, M. C. et al. (2008) Maturidade de composto de lixo urbano. *Scientia Agricola*, v.56, n.2, p.301-304.

Kiehl, E. J. (1985) Fertilizantes orgânicos. São Paulo: *Editora Agronômica Ceres*. p. 229-234.

Kiehl, E. J. (2002). Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. 3. ed. *Piracicaba*. 171 p.

Kiehl, E. J. (2004) Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto. *Piracicaba-SP, 4 eds*.

Kiehl, E. J. (2012). Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. 6. ed. *Piracicaba: E.J. Kiehl*, 171 p.

Kiel, E. J. (2010.) *Novo fertilizantes orgânicos*, 1 ed. Piracicaba: Agronômica Ceres. p. 238.

Kurola, J. M. (2011). Wood ash for application in municipal biowaste composting. *Bioresource Technology*, v.102, p.5214-5220.

Leal, M. A. de A. et al. (2011). Processo de compostagem a partir da mistura entre capim elefante e crotalária. *Seropédica Embrapa Agrobiologia. (Embrapa Agrobiologia. Boletim de pesquisa e desenvolvimento*), n. 23, v. 77.

Lim, S. L. et al. (2016). Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis. *Journal of Cleaner Production*, v. 111, p. 262–278.

Lourenço, J. N. P. et al. (2009). Preparo de composto orgânico sem uso de esterco animal. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, (Embrapa Amazônia Ocidental. *Comunicado Técnico*, v. 81, p. 6.

MAPA (2009). *Instrução Normativa da Secretaria de Defesa Agropecuária*. 18 p.

MAPA (2014). Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos. *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*, Brasília: MAPA/ SDA/CGAL.

Mason, I. G., Milke, M. W. (2005) Physical modelling of the composting environment: A review. Part 1: Reactor systems. *Waste management*, v. 25, n. 5, p. 481-500.

Massukado, L. M. (2008). *Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares*. Tese, - Universidade de São Paulo, São Carlos.

Melo, S. L., Zanta, V. M. (2016). Análise do uso de compostagem doméstica em conjuntos habitacionais de interesse social na cidade de São Domingos– Bahia. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, v. 4, n. 2, p. 169-180.

MMA (2018). Compostagem Doméstica, Comunitária e Institucional de Resíduos Orgânicos: Manual de Orientação. Ministério do Meio Ambiente, Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo, Serviço Social do Comércio. Brasília, DF.

Nogueira, J. O. C. (2011). Compostagem como prática de valorização dos resíduos alimentares com foco interdisciplinar na educação ambiental. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*. v. 3, n. 3, p. 316-325.

Oliveira, F. N. S. et al. (2004). Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos. *Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical.*

Oliveira, J. F. et al. (2009). Resíduos: Gestão, Tratamento e sua Problemática em Portugal. *Lidel - edições técnicas*, lda.

Oliveira, S. (2001). Compostagem Vermicompostagem. Apostila elaborada para o curso de Zootecnia da UNESP/fca-Depto de Recursos Naturais, Campus de Botucatu. *Botucatu: UNESP.*

Pará (2011). Inventário da Oferta Turística: Parauapebas. *Companhia Paraense de Turismo*, 88 p.

Pedrosa, T. D. et al. (2013). Monitoramento dos parâmetros físico-químicos na compostagem de resíduos agroindustriais. *Nativa*, v. 1, n. 1, p. 44-48.

Pereira Neto, J. T. (2007). Manual de compostagem: processo de baixo custo. *Viçosa: UFV*, 81p.

Richard, T. N. (2002). The science and engineering of composting. *The Cornell composting website, Cornell University*.

Santos, J. T. et al. (2018). Resíduos Sólidos Orgânicos: Uma Análise Cienciométrica Acerca da Utilização da Compostagem Para a Geração de Adubo. *Research, Society and Development*, v. 7, n. 12, p. 1.

Silva, P. E. R. (2017). *Influência da granulometria no processo de compostagem de resíduos sólidos vegetais*. Dissertação. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande.

Souza, A. V. D. (2020). Pré -compostagem e vermicompostagem de lodo biológico de laticínio. 159-190. In: Dal Bosco, T. C. (Org.). *Compostagem e vermicompostagem de resíduos sólidos: resultados de pesquisas acadêmicas*. São Paulo: Blucher.

Teixeira, L. B. et al. (2004). Processo de compostagem, a partir de lixo orgânico urbano, em leira estática com ventilação natural. Embrapa Amazônia Oriental-Circular Técnica *(infoteca-e)*.

Tuomela, M. et al. (2000). Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. *Bioresource Technology*, v.72, p.169-183.

Valente, B. S. et al. (2009). Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. *Archivos de zootecnia*. v. 58. p. 60-76.

Vázquez, M. A. et al. (2017). Nitrogen losses and chemical parameters during co-composting of solid wastes and liquid pig manure. *Environmental technology*, v. 39, n. 16, p. 2017-2029.

Vilela, D. M., Piesanti, J. L. (2015). Gerenciamento de resíduos sólidos orgânicos da UFGD em compostagem. *Revista Ciência em Extensão*, v. 11, n. 3, p. 28-39.

Zago, V. C. P., Barros, R. T. V. (2019) Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade. *Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 24, n. 2.

Zhang, Y., He, Y. (2006). Co-compostig solid swine manure with pine sawdust as organic substrate. *Bioresource Technol.*, 97: 2024- 2031.

Zhu, N. (2004). Performance characteristics of three aeration systems in the swine manure composting. *Bioresour Technol*, v. 93, p. 31-26.

Capítulo 2

Ácido húmico e microrganismos promotores de crescimento na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plantas de pepineiro

Recebido em: 26/04/2022
Aceito em: 27/04/2022
10.46420/9786581460419cap2

Elizamara Dresch[1*]
Silvana Aparecida Rocha Luiz[2]
Edmar Santos Moreira[2]
Samiele Camargo de Oliveira Domingues[3]
Laiza Almeida Dutra[1]
Eslaine Camicheli Lopes[4]
Maria Fernanda Tenório Gezualdo[1]
Marco Antonio Camillo de Carvalho[4]
Hudson Oliveira Rabelo[5]
Ivone Vieira da Silva[4]
Oscar Mitsuo Yamashita[4]

INTRODUÇÃO

O pepino (*Cucumis sativus*) tem grande importância econômica e social dentro do agronegócio de hortaliças no Brasil. É muito apreciado e consumido em todas as regiões brasileiras. O fruto pode ser consumido na forma crua em saladas, sanduíches, sopas ou em conservas. Além disso, pode ser utilizado em cosméticos e medicamentos devido a suas propriedades nutracêuticas (Carvalho et al., 2013).

A produção anual brasileira de pepino ultrapassa 200.000 t. Em relação à produção por região, a região Sudeste é responsável por mais de 50% do total da produção brasileira (Vilela, 2020), sendo que o estado de São Paulo é o principal produtor desta hortaliça (IEA, 2020). Além da importância econômica e alimentar, o cultivo de pepino, têm grande importância social, gerando muitos empregos diretos e indiretos, desde o cultivo até a sua comercialização. No estado do Mato Grosso, a produção do pepino ainda é pequena, necessitando de pesquisas que venham incentivar o seu cultivo e de maneira sustentável.

Substâncias húmicas (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas) são os principais componentes da matéria orgânica de solos, águas e sedimentos. Sua formação é decorrente da ação direta de todos os processos ecológicos que ocorrem no solo (Baldotto & Baldotto, 2014). Pode-se destacar os seguintes benefícios indiretos das substancias húmicas: influência no crescimento das plantas por meio do seu

[1] Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Alta Floresta, MT, Curso de Agronomia.
[2] Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Alta Floresta, MT, Curso de Engenharia Florestal.
[3] Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Nova Xavantina, MT, Programa de Pós-graduação em Ecologia.
[4] Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Alta Floresta, MT, Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.
[5] SECITEC, Unidade de Diamatino, MT.
[*] Autora correspondente: elizamara.dresch@unemat.br

efeito sobre as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e como benéficos diretos se tem o estímulo à síntese de determinadas proteínas; incidência sobre a fotossíntese e a respiração celular; aumento da absorção de nutrientes; aumento da atividade enzimática e o incremento à produção de biomassa vegetal (Luiz et al., 2022).

Diversos microrganismos de solo têm sido relatados como promotores de crescimento de espécies economicamente importantes para a agricultura. Estes organismos, em associação com outros compostos como o ácido húmico podem potencializar o desenvolvimento inicial de plântulas, permitindo uma formação de vegetais mais fortes e saudáveis. Além disso, torna-se uma alternativa interessante para a redução no uso de agrotóxicos, buscando-se uma agricultura menos agressiva ao meio ambiente. Estudos com microrganismos como *Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis* têm indicado potencial promissor, especialmente para a agricultura familiar, não havendo grandes custos e com viés ambiental sendo respeitado.

Considerando-se estes recursos biológicos, o *A. brasilense* tem-se destacado como uma importante bactéria promotora do crescimento vegetal, pois fixa nitrogênio (N_2) para a planta e produz hormônios de crescimento, como auxinas e giberelinas, estimulando o desenvolvimento do vegetal (Dobbelaere & Croonenborghs, 2002). Além disso, estudos têm demonstrado que o *Bacillus subtilis* protegem as plantas de fungos e nematoides fitopatogênicos, além de possibilitar a solubilização de fósforo e síntese de sideróforos (Beneduzi et al., 2012; Paz et al., 2012).

Nesse sentido, torna-se importante o estudo do potencial desses microrganismos em associação a bioestimulantes (como o ácido húmico) na melhoria da capacidade germinativa e de formação de plântulas de espécies exploradas economicamente pela agricultura familiar, como é o caso do pepineiro (*Cucumis sativus*).

Assim, esta pesquisa visou verificar a eficiência dos microorganismos *Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis* na germinabilidade e desenvolvimento inicial das plântulas de pepineiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Tecnologia de Sementes e Matologia (LaSeM), no campus de Alta Floresta, Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), utilizando-se sementes comerciais de pepineiro. Os tratamentos foram compostos pela combinação de dois diferentes promotores de crescimento (*A. brasilense* e *B. subtilis*) e das seis doses de 0, 100, 200, 300, 400 e 500 mL 100 kg^{-1} dos produtos comerciais. Em todos os tratamentos, foi acrescentado o ácido húmico.

O produto comercial NITROGEO®, contendo a bactéria *A. brasilense*, apresenta as estirpes AbV5 e AbV6 deste microrganismo e, para o *B. subtilis* (cepa UFMT Pant001), foi utilizado o produto comercial PANTA®. O produto comercial contendo ácido húmico usado foi o NATURAL HUMICS®, e era composto de 18% de ácido húmico.

Tanto o produto contendo ácido húmico, como as bactérias (NITROGEO e PANTA) foram aplicados diretamente nas sementes, e posteriormente agitadas dentro sacos plásticos para homogeneização completa.

As sementes foram então submetidas a testes de germinação e vigor, sendo determinadas a germinação, primeira contagem, emergência a campo, índice de velocidade de germinação e emergência, comprimento e massa seca das raízes e parte aérea das plântulas. Para tanto, em cada tratamento, após a inoculação com os promotores de crescimento e suas respectivas doses, as sementes foram submetidas a teste de germinação, sendo distribuídas uniformemente 25 sementes por unidade experimental (caixa gerbox transparente), sobre duas folhas de papel germitest umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes seu peso seco, havendo quatro repetições de cada tratamento (Brasil, 2009). As caixas foram mantidas dentro de câmara de germinação tipo B.O.D, a 25 °C de temperatura constante, com luminosidade de 12h. Os tratamentos foram avaliados diariamente por 10 dias, coletando-se, ao final, as informações para determinação das variáveis.

As variáveis analisadas foram: porcentagem de germinação das sementes (%G), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), massa fresca da parte aérea (MSPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado e os dados foram analisados estatisticamente por meio de análise de variância e teste F. Na ocorrência de significância, os dados quantitativos (doses de ácido húmico e bactérias) foram submetidos ao estudo de regressão polinomial, utilizando-se o software estatístico Sisvar (Ferreira, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos após análises dos dados indicam diferenças em algumas variáveis (Quadro de variância com valores de Quadrado Médio na Tabela 1 para *A. brasilense* e Tabela 2 para *B. subtilis*). Os valores médios de cada variável, que apresentou diferença foram colocados separadamente para cada microrganismo a seguir.

Azospirillum brasilense

Para *A. brasilense*, verificou-se que houve diferença dentro das doses apenas para a variável massa seca da parte aérea, havendo influência do aumento dos valores médios obtidos após a determinação com o uso de balança analítica, após sete dias da semeadura (Tabela 1). Os resultados indicam que, para esta variável, o aumento na concentração deste microrganismo favoreceu, incrementando o acúmulo de fotossintatos na estrutura formada da parte aérea das plântulas.

Tabela 1. Quadro de análise de variância com valores de quadrado médio para porcentagem de germinação das sementes (%G), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), massa fresca da parte aérea (MSPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) de plântulas de pepineiro cujas sementes foram tratadas com doses crescentes de *Azospirillum brasilense*.

FV	%G	CPA	CR	MFPA	MFR	MSPA	MSR
Dose	0,0183ns	5,6729ns	4,1768ns	0,1421ns	0,0224ns	0,0662*	0,0108ns
Res.	0,0353	3,1918	3,5468	0,1147	0,0183	0,0176	0,0079
CV	0,75	21,22	21,27	18,89	14,85	10,11	14,37

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ns não significativo. Fonte: elaborado pelos autores.

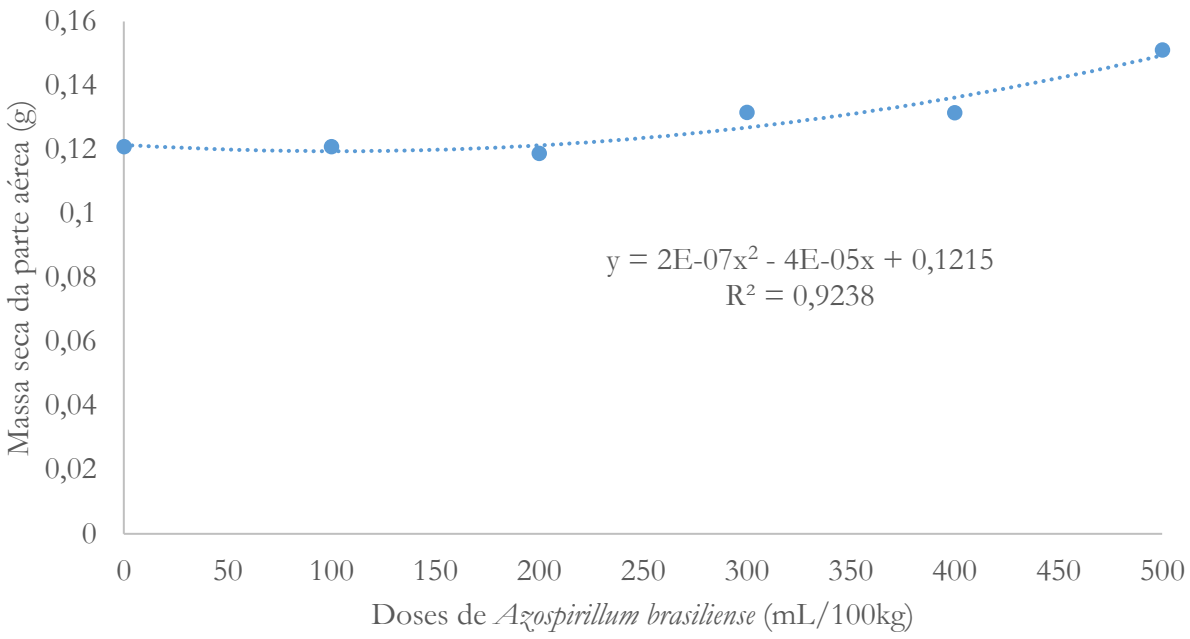


Figura 1. Massa seca da parte aérea de plântulas de pepineiro (em gramas) cujas sementes foram tratadas com doses crescentes de *Azospirillum brasilense*. Fonte: elaborado pelos autores.

Ainda nesta variável, verificou-se que, apesar de não diferir das médias obtidas com 300 e 400 mL/100 kg de sementes, a dose de 500 mL/100 kg de sementes promoveu a produção de 0,15 g de massa seca da parte aérea das plântulas. Esse acúmulo de material durante a formação das plantas, especialmente no início do desenvolvimento destas é muito importante e vai ser o diferencial para sua formação e posterior produção.

Microrganismos promotores de crescimento como o *A. brasilense* apresentam a capacidade de se desenvolver e colonizar diversas partes das plantas desde seu desenvolvimento inicial, como foi o caso observado, exercendo efeitos benéficos a estas, tais como estimular a germinação das sementes e posterior promoção do crescimento de plantas, tanto da parte área quanto das raízes (Dey et al., 2004).

A inoculação de bactérias endofíticas ou associativas como o *A. brasilense* em espécies como o pepineiro traz vantagens no seu desenvolvimento, mesmo que estas não consigam fixar o nitrogênio atmosférico, estes microorganismos permitem que se possa suprir parte da demanda do vegetal neste macro elemento (Hungria, 2011).

Desta maneira, a aplicação destas cepas de bactéria no tratamento das sementes promoveu aumento na massa de matéria seca acumulada pelas plantas jovens. Isso reflete em melhor desenvolvimento vegetal, permitindo que as plantas possam expressar um elevado potencial produtivo. Além disso, deve se considerar outros elementos, como a possibilidade de redução de gastos com a aplicação de adubos nitrogenados, permitindo que se possa cultivá-lo com maiores possibilidades para produtores com reduzida capacidade financeira, como é o caso de pequenos produtores e agricultores familiares (Cargnelutti et al., 2022).

Bacillus subtilis

Quanto ao *B. subtilis*, verificou-se diferença em duas das variáveis analisadas, sendo estas: massa fresca de raiz e massa seca de raiz. As informações destas e das demais variáveis encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Quadro de análise de variância com valores de quadrado médio para porcentagem de germinação das sementes (%G), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), massa fresca da parte aérea (MSPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) de plântulas de pepineiro cujas sementes foram tratadas com doses crescentes de *Bacillus subtilis*.

FV	%G	CPA	CR	MFPA	MFR	MSPA	MSR
Dose	0,1717ns	0,0246ns	0,5265ns	0,0627ns	0,0668*	0,0020s	0,0075*
Res.	0,2339	0,0384	0,7316	0,0378	0,0074	0,00014	0,0016
CV	1,94	6,82	14,11	12,43	11,66	9,03	11,30

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ns não significativo. Fonte: elaborado pelos autores.

Com relação à massa fresca de raiz, após análise de regressão, não houve ajuste matemático às funções testadas, sendo necessário a apresentação dos valores médios obtidos em forma de gráfico de colunas (Figura 2). Verificando-se os dados, percebe-se que as médias atingiram valores maiores das demais quando a concentração foi igual ou superior 300 mL/100 kg, sendo 40% superior à menor média observada quando as sementes foram tratadas com 200 mL/100 kg. Isso demonstra o efetivo aumento na capacidade das plântulas em constituir raízes mais volumosas e pesadas, tornando-as mais aptas à absorção de nutrientes e água em ambientes de cultivo.

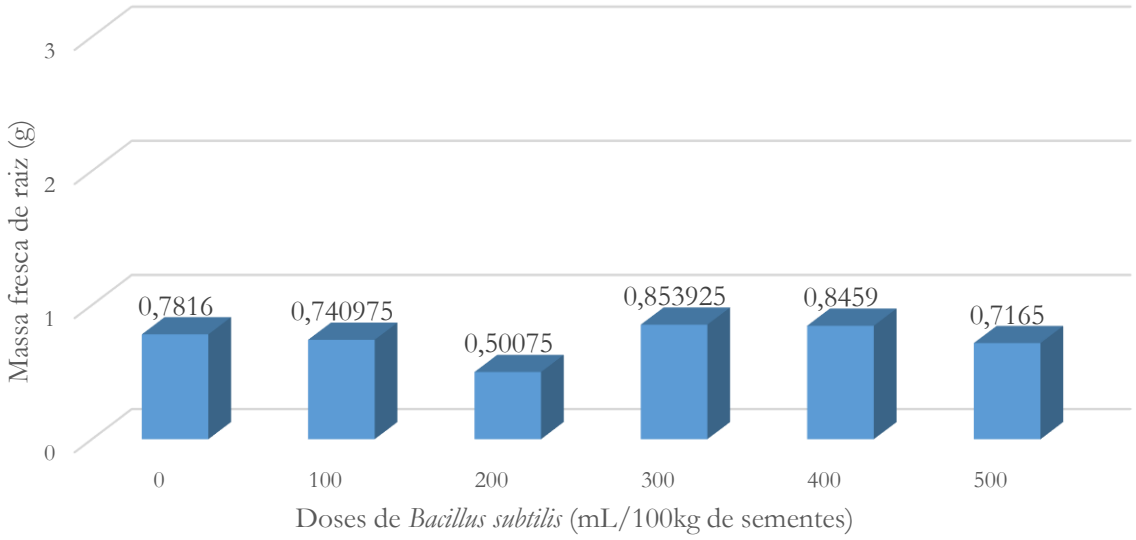


Figura 2. Massa fresca de raiz (em gramas) de plântulas de pepineiro cujas sementes foram tratadas com doses crescentes de *Bacillus subtilis*. Fonte: elaborado pelos autores.

Microrganismos promotores de crescimento vegetal como o *B. subtilis* são capazes de penetrar e colonizar as raízes das plantas jovens e, com isso promover o estímulo no crescimento destas, independente se são aplicados na rizosfera, em tubérculos ou pelo tratamento das sementes (Kloepper et al., 1989). Há relatos de diversas formas de promoção do crescimento das plantas e como estes organismos atuam, direta ou indiretamente, nesses mecanismos (Rodríguez & Fraga, 1999). Em mecanismos de ação diretos, destaca-se produção de fitormônios e sideróforos, aumento da disponibilidade de nutrientes pela fixação de N_2 (Yehuda et al., 1996; Antoun et al., 1998) e a solubilização de fosfatos (Bloemberg & Lugtenberg, 2001).

A massa seca de raiz das plântulas de pepineiro, tal qual a massa fresca, também sofreram efeito das concentrações de *B. subtilis* usadas para o tratamento das sementes (Figura 3). Nesta variável, as melhores médias foram obtidas na concentração intermediária (300 mL/100 kg de sementes). Vale ressaltar que a maior concentração promoveu redução significativa nessa variável, demonstrando que, mesmo sendo microrganismo promotor de crescimento, o aumento na concentração deste, pode ter provocado prejuízo no acúmulo de massa seca. Resultados semelhantes foram relatados por Ferreira et al. (2018), cujo aumento da concentração também afetou o acúmulo de massa seca de raízes de milho.

Possivelmente o desenvolvimento do sistema radicular tenha relação com a estrutura e à capacidade de retenção de água do substrato (Luz et al., 2022). Estes fatores podem ter influenciado esta variável. O aumento da massa seca do sistema radicular pode ser atribuído ao ácido húmico em testes que usaram soluções nutritivas ou substratos; assim, é possível que a variação das respostas neste estudo seja influenciada pelo método de crescimento, ou seja, o teste realizado sobre papel pode ter provocado tal resposta.

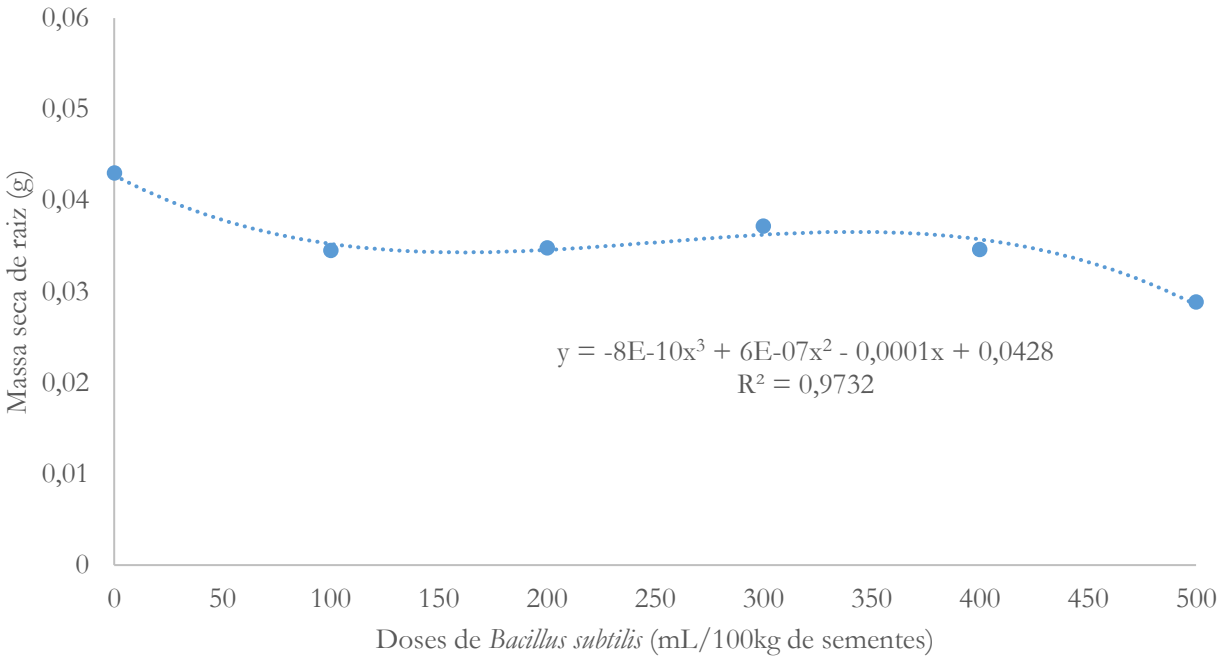


Figura 3. Massa seca de raiz de plântulas (em gramas) de pepineiro cujas sementes foram tratadas com doses crescentes de *Bacillus subtilis*. Fonte: elaborado pelos autores.

CONCLUSÕES

O tratamento de doses crescentes de bactérias promotoras de crescimento, associadas ao ácido húmico, promovem aumento em algumas variáveis analisadas e, desta maneira, podem ser promissoras para o cultivo do pepineiro.

Estes bioestimulantes podem ser uma alternativa economicamente viável e ambientalmente correta para seu uso, especialmente em cultivos de agricultores familiares, estimulando as práticas conscientes e a redução no uso de agrotóxicos

AGRADECIMENTOS

À FAPEMAT, pela concessão de bolsa de iniciação científica ao primeiro autor. À toda equipe do LaSeM e LabFITO, pelo auxílio durante o desenvolvimento do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antoun, H., Beauchamp, C. J., Goussard, N., Chabot, R., & Lalande, R. (1998). Potential of *Rhizobium* and *Bradyrhizobium* species as plant growth promoting rhizobacteria on non-legumes: Effect on radishes (*Raphanus sativus* L.). Plant and Soil, 204, 57-67. DOI: 10.1023/A:1004326910584

Baldotto, M. A., & Baldotto, L. E. B. (2014). Ácidos húmicos. Revista Ceres, 61, 856-881. DOI: 10.1590/0034-737x201461000011

Beneduzi, A., Ambrosini, A., & Passaglia, L. M. P. (2012). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Their potential as antagonists and biocontrol agents. Genetics and Molecular Biology, 35, 1044-1051. DOI: 10.1590/s1415-47572012000600020

Bloemberg, G. V., & Lugtenberg, B. J. (2001). Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by Rhizobacteria. Current Opinion in Plant Biology, 4, 343-350. DOI: 10.1016/S1369-5266(00)00183-7

Brasil (2009). *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV.

Cargnelutti, C. D., Moura, R. B., Lucchese, O. A., Schiavo, J., & Mori, L. D. (2022). Inoculação com *Azospirillum brasilense* em cultivares de pepino submetidas a cultivo em base agroecológica. Cadernos de Agroecologia, 17, 1-5.

Carvalho, A. D. F., Amaro, G. B., Lopes, J. F., Vilela, N. J., Michereff-Filho, M., & Andrade, R. (2013). *A cultura do pepino*. Brasília: Embrapa Hortaliças.

Dey, R., Pal, K. K., Bhatt, D. M., & Chauhan, S. M. (2004). Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth promoting rhizobacteria. Microbiology Research. 159, 371-394. DOI: 10.1016/j.micres.2004.08.004

Dobbelaere, S., & Croonenborghs, A. (2002). Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. Biology and Fertility of Soils, 36, 284-297. DOI: 10.1007/s00374-002-0534-9

Ferreira, D. F. (2014). Sisvar: A computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, v. 35, p. 1039-1042. DOI: 10.1590/S1413-70542011000600001

Ferreira, N. C., Mazzucheli, R. C. L., Pacheco, A. C., Araújo, F. F., Antunes, J. E. L., & Araújo, A. S. F. (2018). *Bacillus subtilis* improves maize tolerance to salinity. Ciência Rural, 48, e20170910. DOI: 10.1590/0103-8478cr20170910

Hungria, M. (2011). *Inoculação com Azospirillum brasilense: inovação em rendimento a baixo custo*. Londrina: Embrapa Soja.

Instituto de Economia Agrícola (2020). *Estatísticas de produção da agropecuária paulista: pepino*. Disponível em <http://ciagri.iea.sp.gov.br/bancoiea/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1>.

Kloepper, J. W., Lifshitz, R., & Zablotowicz, R. M. (1989). Free-living bacterial inocula for enhancing crop productity. Trends of Biotechnology, 7, 39-43. DOI: 10.1016/0167-7799(89)90057-7

Luiz, S. A. R.; Yamashita, O. M.; Carvalho, M. A. C.; Dresch, E., Domingues, S. C. O.; Dutra, L. A.; Moreira, E. S.; Gesualdo, M. F. T.; Lopes, E. C., & Cândido, A. C. F. T. (2022). Humic acid and growth promoting microorganisms in the germination and initial development of white sesame plants. Research, Society and Development, 11, e15511629094. DOI: 10.33448/rsd-v11i6.29094

Paz, I. C., Santin, R. C., Guimarães, A. M., Rosa, O. P., Dias, A. C., Quecine, M. C., Azevedo, J. L., & Matsumura, A. T. (2012). Eucalyptus growth promotion by endophytic Bacillus spp. Genetics and Molecular Research, 11, 3711-3720. DOI: 10.4238/2012.August.17.9

Rodriguez, H., & Fraga, R. (1999). Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Journal of Biotechnology Advances, 17, 319-339. DOI: 10.1016/s0734-9750(99)00014-2

Vilela, N. J. (2020). *Distribuição da produção de hortaliças no Brasil. Outras hortaliças*. Disponível em: http://www.cnph.embrapa.br/paginas/hortalicas_em_numeros/hortalicas_em_numeros. htm>.

Yehuda, Z., Shenker, M., Römheld, V., Marschner, H., Hadar, Y., & Chen, Y. (1996). The role of ligand exchange in the uptake of iron from microbial siderophores by gramineous plants. Plant Physiology, 112, 1273-1280. DOI: 10.1104/pp.112.3.1273

Capítulo 3

Bioatividade de extratos de laranja e alho no desempenho germinativo de sementes de cenoura

Recebido em: 06/05/2022
Aceito em: 09/05/2022
10.46420/9786581460419cap3

Júlio César Altizani Júnior[1]
Tamiris Tonderys Villela[2]
Cristina Batista de Lima[3*]

INTRODUÇÃO

A utilização de sementes com qualidade fisiológica e sanitária é requisito fundamental para otimizar o estabelecimento das plantas em campo e, no caso das sementes de cenoura (*Daucus carota* L.) que são pequenas, irregulares, com pouca massa seca e, semeadas diretamente no local de cultivo, este fator é determinante para o sucesso do cultivo, pois, os problemas relativos à qualidade e desempenho das sementes de cenoura em campo são constantes. Para assegurar o estande de plantas adequado, os olericultores utilizam maior número de sementes por metro e depois realizam o raleio ou fazem a semeadura mecanizada com sementes peletizadas (Pereira et al., 2008).

A associação de fungos com sementes pode reduzir a qualidade fisiológica sendo também responsável, pela disseminação de patógenos em novas áreas de cultivo e transmissibilidade à progênie resultante. Entre os fungos que se associam às sementes de cenoura, *Alternaria dauci* (Kühn) Groves & Skolko e *Alternaria radicina* Meier, Drechsler & Eddy são os mais importantes (Magalhães et al., 2004).

O tratamento sanitário de sementes é fundamental para garantir sua qualidade comercial e, neste contexto, os extratos vegetais de plantas medicinais representam uma alternativa promissora, em substituição ao tratamento químico, devido ao menor custo, baixo risco de intoxicação humana e poluição do meio ambiente, além de estar acessível aos agricultores.

Os extratos de algumas espécies vegetais possuem compostos majoritários, com ação bioativa (aleloquímicos) que agem diretamente nas células dos microrganismos, inibindo o desenvolvimento de diferentes fitopatógenos. Lima et al. (2016) observaram que o extrato de alho e, o óleo essencial da casca de laranja foram eficientes no controle de *Alternaria alternata* e *Alaternaria dauci*, reduzindo satisfatoriamente a incidência desses fungos, em sementes de cenoura. Contudo, visando a recomendação

[1] Mestrando da Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - USP/Esalq, Curso de Mestrado em Fitotecnia, Piracicaba, SP, Brasil.
[2] Mestranda da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel - UENP/CLM, Curso de Mestrado em Agronomia, Bandeirantes, PR, Brasil.
[3] Prof. Associado da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel - UENP/CLM, Departamento de Produção Vegetal, Bandeirantes, PR, Brasil.
* Autor correspondente: crislima@uenp.edu.br

de determinado extrato vegetal como tratamento sanitário é preciso investigar se existe alguma ação negativa deste produto, sobre a germinação das sementes alvo do tratamento.

Os efeitos de extratos aquosos e óleos essenciais de plantas sobre a germinação de sementes de diferentes espécies estão relatados na literatura científica (Souza et al., 2007). A atividade biológica desses produtos tem maior relação com sua concentração e mobilidade do que com sua composição química, sendo que, a germinação das sementes e o crescimento inicial das plântulas são as fases do desenvolvimento vegetal com maior sensibilidade aos aleloquímicos (Borella et al., 2012). Segundo Ferreira e Áquila (2000), o crescimento inicial das plântulas é mais sensível do que a própria germinação, existindo a necessidade de pesquisas focadas não somente nos aspectos da germinação de sementes, mas no crescimento e incorporação de biomassa nas plântulas, sob efeitos de aleloquímicos.

A atuação dos metabólitos secundários presentes nos extratos vegetais sobre o desempenho germinativo e desenvolvimento de plântulas de cenoura e, questões práticas como concentração e forma de aplicação precisam ser analisadas para que o uso desses extratos possa ser recomendado em escala comercial. Neste sentido, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de estabelecer metodologia para o tratamento sanitário de sementes de cenoura com extratos aquosos de laranja e alho.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel (UENP-CLM), em Bandeirantes/PR. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e, as análises estatísticas realizadas com o auxílio do software Sisvar (Ferreira, 2019). Nos casos em que se aplicou a comparação de médias foi utilizado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Todos os materiais empregados para a realização desta pesquisa foram desinfestados de acordo com as recomendações descritas nas regras para análise de sementes 'RAS' (Brasil, 2009).

Foram utilizados cinco lotes comerciais de sementes de cenoura cultivar Brasília, categoria S2, adquiridos de empresa registrada, isentos de tratamento sanitário, em embalagens hermeticamente fechadas. Inicialmente, as sementes foram submetidas a *determinação do teor de água* (TA): pelo método da estufa a 130 ± 3 ºC por 1 hora, com duas amostras de 2 g de sementes de cada lote (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em percentual.

A avaliação dos lotes de sementes quanto a qualidade fisiológica foi efetuada através do *teste de germinação* (GE): com quatro repetições de 50 sementes por lote, distribuídas de forma equidistante sobre duas folhas de papel filtro previamente umedecidas com água destilada, na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco, acondicionadas no interior de caixas plásticas transparentes (10,5 cm x 10,5 cm x 3,5 cm). Os recipientes foram mantidos tampados em câmara de germinação, sob temperatura alternada de 20-30 ºC e fotoperíodo de 8 horas, ou seja, 20 ºC durante 16 horas (simulando período noturno) e 30 ºC durante 8 horas (simulando período diurno). No sétimo e décimo quarto dia após a instalação,

registrou-se o número de plântulas normais, com radícula e folhas cotiledonares expandidas (Brasil, 2009). *Primeira leitura da germinação* (PLG): percentual de plântulas normais verificadas no sétimo dia após a instalação do teste de germinação. *Emergência de plântulas* (EP): quatro repetições com 18 sementes por lote, semeando-se uma semente por célula em bandejas de polietileno com 72 células, previamente preenchidas com substrato comercial Tropstrato HA®. Após a semeadura, as bandejas foram mantidas sob bancada telada, dentro de estufa plástica agrícola modelo arco, sendo irrigadas diariamente pela manhã e ao fim da tarde. O fornecimento de água foi efetuado até o início do gotejamento do excedente, pelo orifício de drenagem das células. O percentual de plântulas normais emersas foi obtido no décimo quarto dia após a semeadura.

Para o preparo dos extratos vegetais de laranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) e de alho (*Allium sativum* L.), nas concentrações de 10, 20 e 30% ($m.v^{-1}$), foi empregada a técnica de infusão (Guimarães et al., 2015), utilizando-se 100, 200 e 300 g de cada material vegetal conforme as concentrações estabelecidas. As cascas de laranja e, os bulbilhos de alho (previamente descascados) foram utilizados frescos, triturados mecanicamente e colocados em recipientes refratários de vidro, contendo 1000 mL de água destilada, previamente aquecida até o ponto de ebulição. Para evitar a perda de compostos voláteis e a incidência de luz sobre os extratos, cada recipiente foi vedado com filme plástico, envolto em papel kraft e, mantido sob temperatura ambiente até o total resfriamento. Decorrido o período de repouso, as soluções foram peneiradas e, os extratos armazenados individualmente em frascos de vidro âmbar, envoltos por papel kraft, acondicionados sobre bancada no interior do laboratório, sendo utilizados dentro de um período máximo de 12 horas após seu preparo.

Dois métodos de aplicação dos extratos vegetais para o tratamento de sementes de cenoura foram avaliados. No primeiro, as sementes foram colocadas em recipientes metálicos contendo 5 mL do extrato de laranja ou alho, nas concentrações 10, 20 e 30%, conforme o tratamento. Após o período de um minuto em contato direto com os extratos, as soluções foram drenadas e, as sementes foram submetidas ao teste de germinação. Na segunda forma de aplicação, o teste de germinação foi instalado com as sementes distribuídas sobre duas folhas de papel filtro, previamente umedecidos com os extratos. O volume de extrato utilizado para umedecer os papéis foi calculado na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Para ambos os métodos de aplicação utilizou-se água destilada como testemunha.

O tempo adequado para a embebição de sementes de cenoura em extratos vegetais aquosos de laranja e alho (1 min), foi determinado através do monitoramento da velocidade de embebição no intervalo de tempo de 8 minutos. Para tanto, amostras de sementes permaneceram imersas em 5 mL de cada extrato vegetal, na concentração de 30%, e água destilada, durante os períodos de 0, 15, 30, 60, 120, 240 e 480 segundos. Decorrido o tempo de embebição, as soluções foram drenadas e, determinado o ganho de água com o auxílio de um aparelho analisador de umidade (Shimadzu – MOC63u). Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes para cada extrato e tempo de embebição.

Também foi verificado o efeito dos extratos em sementes pré germinadas, com quatro repetições contendo 10 sementes pré germinadas, da seguinte forma: as sementes foram colocadas para germinar conforme o descrito para sementes de cenoura nas 'RAS' (Brasil, 2009), no quarto dia após a instalação deste teste, foram selecionadas de cada lote sementes com protusão radicular de no mínimo 2 mm de comprimento (Borella et al., 2012). Estas sementes pré germinadas foram distribuídas de forma equidistante sobre duas folhas de papel filtro, previamente umedecidas com os extratos vegetais, nas diferentes concentrações (10, 20 e 30%), e água destilada na testemunha, dentro de recipientes plásticos transparentes. Os recipientes foram mantidos em câmara de germinação sob as mesmas condições do teste de germinação. Após dez dias, foi avaliado o percentual de plântulas com folhas cotiledonares expandidas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água dos lotes avaliados variou entre 5,7 a 7,4% (Tabela 1), valores coerentes com os níveis de umidade recomendados para o armazenamento de sementes ortodoxas, como as de cenoura. Segundo Nascimento (2011), o teor de água está ligado com a intensidade do metabolismo respiratório, neste sentido, empresas que comercializam sementes de hortaliças em embalagens herméticas, procuram reduzir o teor de água para percentuais mínimos aceitáveis. Costa (2012) relatou que tais percentuais, em sementes ortodoxas, podem chegar até no mínimo 5%, assegurando maior longevidade no armazenamento. Entretanto, Carvalho e Nakagawa (2012) ressaltam que, mesmo apresentando redução da atividade respiratória das sementes e da incidência de pragas e doenças durante o armazenamento, teores entre 4 a 8% podem levar a uma rápida deterioração e por isso, necessitam de acondicionamento adequado.

A variação máxima no teor de água observada entre os lotes foi de 1,7% (Tabela 1), sendo uma característica importante, para fornecer condições de tempo de embebição e nível de atividade metabólica semelhantes para os lotes. Nesse sentido, conforme Marcos-Filho (2015), a diferença no grau de umidade entre lotes deve permanecer abaixo de 2,0%, visando assegurar a credibilidade dos dados e confiabilidade dos resultados obtidos nas análises da qualidade fisiológica de sementes.

Os percentuais de germinação e emergência dos lotes foram de no mínimo 80% (Tabela 1), confirmando os valores informados nos rótulos das embalagens e adequando-se ao mínimo de 70%, exigido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a comercialização de sementes de cenoura em território nacional (Brasil, 2019). O teste de PLG, evidenciou diferenças significativas na velocidade de germinação, sendo os lotes 4 e 5 superiores aos demais (Tabela 1), indicando uma melhor qualidade fisiológica, visto que, um maior percentual de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação, pode ser considerado um indicativo de maior vigor (Carvalho; Nakagawa, 2012).

Tabela 1. Percentuais médios do teor de água (TA), germinação informada no rótulo das embalagens (GR) e, plântulas normais verificadas na primeira leitura da germinação (PLG), germinação (GE) e emergência (EP) de sementes de cenoura cv. Brasília. UENP-CLM, Bandeirantes (PR), 2022.

Lote	TA	GR	PLG	GE	EP
1	5,7	88,0	19,0 c	81,0 a	83,3 a
2	7,4	80,0	47,0 b	80,0 a	83,3 a
3	6,8	85,0	8,0 d	80,5 a	81,9 a
4	6,5	84,0	78,5 a	88,0 a	84,7 a
5	6,8	88,0	83,0 a	87,0 a	83,3 a
CV (%)	---	---	12,6	6,2	9,4

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade; CV = coeficiente de variação.

Lotes com percentuais médios de germinação semelhantes, podem apresentar desempenho diferente pós-tratamentos e testes, principalmente em sementes de hortaliças, devido a desuniformidade que elas possuem (Marcos-Filho, 2015). Por esta razão, para avaliar os efeitos de um determinado tratamento sanitário sobre a qualidade das sementes, o MAPA (BRASIL, 2018) recomenda a utilização de lotes com diferentes níveis de vigor, pois, esta característica influencia na resposta do tratamento sanitário.

O teor de água aumentou rapidamente após a imersão das sementes em água destilada e, nos extratos de laranja e alho. O período de 15 segundos foi suficiente para que as sementes apresentassem acréscimos superiores a 200% em relação a umidade inicial (Figura 1). Os extratos vegetais incrementaram a velocidade de absorção, sendo que, para o extrato de alho 15 segundos foram suficientes para as sementes obterem percentual similar ao da embebição em água após 60 segundos. A alteração do processo de difusão da água pelo tegumento está entre os efeitos dos compostos aleloquímicos sobre o processo germinativo, sendo resultado de modificações da estrutura e permeabilidade das membranas celulares, bem como da interferência nas relações hídricas (Quadros et al., 2009). Ainda que o ganho total de umidade tenha ocorrido com 480 segundos (8 minutos), a velocidade de absorção ocorre de maneira rápida e linear logo nos primeiros 15 segundos, porém, visando garantir tempo suficiente para a correta execução da técnica, 60 segundos é ideal onde é possível observar uma estabilização para a retomada da absorção logo a seguir (Tabela 1).

A rápida absorção observada pode ser justificada pelo reduzido tamanho das sementes de cenoura. Segundo Marcos-Filho (2015), sementes menores possuem maior relação superfície/volume, fazendo com que a embebição ocorra rapidamente. Visando o tratamento das sementes de cenoura com os extratos vegetais 1 minuto foi suficiente para o maior ganho de umidade, sendo este período utilizado com sucesso no tratamento de sementes de cenoura no trabalho de Lima et al. (2016).

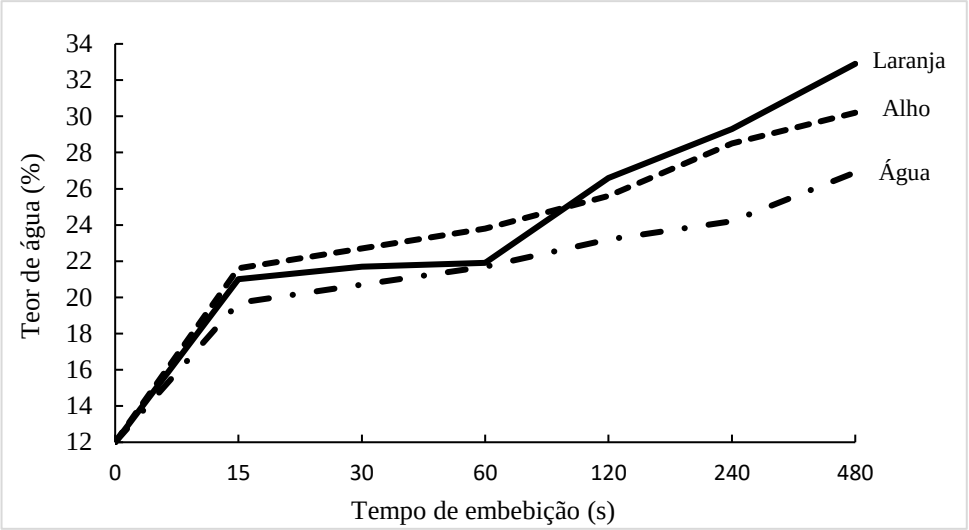


Figura 1. Teor de água de sementes de cenoura cv. Brasília submetidas a embebição em água destilada e nos extratos vegetais de laranja e alho, em função do tempo de embebição. UENP-CLM, Bandeirantes (PR), 2022.

A imersão direta das sementes nos extratos ocasionou redução significativa do percentual de plântulas normais no teste de PLG, ocorrendo este efeito em maior intensidade quando utilizado o extrato de alho (Tabela 2). O contato indireto das sementes com os extratos através do papel filtro favoreceu a velocidade de germinação dos lotes 1, 2 e 3, considerados de menor qualidade fisiológica com base nos resultados dos testes de caracterização (Tabela 1), indicando que a embebição gradativa proporcionada pelo papel umedecido nos extratos promoveu um meio adequado para a hidratação destas sementes. Quando colocadas para embeber diretamente em contato com a água, as sementes apresentam uma taxa de embebição quatro vezes maior em relação ao método do papel, em decorrência da maior superfície de contato das sementes (LOPES et al., 2000), o que pode favorecer a ocorrência de injúrias pela distribuição desuniforme de água durante a hidratação e a restrição a aeração (Marcos-Filho, 2015).

Com relação à capacidade germinativa das sementes, não foi possível estabelecer uma correspondência linear, de acréscimo ou redução no percentual final do teste de germinação, de acordo com o aumento da concentração dos extratos. Entretanto, as médias observadas na aplicação via papel filtro, para os dois extratos, foram numericamente inferiores ao tratamento por imersão, com destaque para o extrato de laranja, apresentando decréscimo da germinação a partir da concentração de 10% (Tabela 2). O extrato de alho, quando em contato direto com as sementes, diminuiu o percentual de germinação em três dos cinco lotes avaliados. A ação dos metabólitos secundários, sobre o processo germinativo é relativamente específica, existindo espécies vegetais mais sensíveis (Ferreira; Áquila, 2000). Nesse sentido, Cruz et al. (2000) ressaltaram que, não necessariamente altas concentrações dos princípios ativos vegetais proporcionam melhores resultados, sendo imprescindível a comparação entre a forma de preparo, método de aplicação e concentração do produto para a obtenção de resultados confiáveis em relação a um possível efeito alelopático.

Tabela 2. Percentuais médios de plântulas normais verificadas na primeira leitura da germinação e no teste de germinação de sementes de cenoura cv. Brasília, após tratamento com extratos vegetais de laranja e alho em diferentes concentrações, aplicados via imersão direta e papel filtro. UENP-CLM, Bandeirantes (PR), 2022.

Lote	Dose	Primeira leitura da germinação				Germinação			
		Imersão		Papel		Imersão		Papel	
		Laranja	Alho	Laranja	Alho	Laranja	Alho	Laranja	Alho
1	0	0,0 Ba	0,0 Aa	0,5 Ca	0,5 Ba	79,5 Aa	79,5 Aa	82,5 Aa	82,5 Aa
	10	6,5 Aa	0,0 Ab	67,0 Aa	73,0 Aa	81,5 Aa	85,5 Aa	79,5 Aa	83,5 Aa
	20	0,0 Ba	0,0 Aa	43,5 Bb	70,0 Aa	84,5 Aa	79,5 Aa	75,0 Aa	82,5 Aa
	30	6,0 Aa	0,0 Aa	39,5 Ba	51,0 Aa	78,0 Aa	76,0 Aa	76,5 Aa	77,0 Aa
2	0	1,5 Ba	1,5 Aa	2,0 Ba	2,0 Ba	79,5 Aa	79,5 Aa	80,0 Aa	80,0 Aa
	10	18,5 Aa	0,5 Ab	41,0 Ab	66,5 Aa	80,5 Aa	84,5 Aa	76,5 Aa	75,5 Aa
	20	0,0 Ba	0,5 Aa	32,0 Ab	61,5 Aa	82,0 Aa	76,5 Ba	77,0 Aa	71,5 Aa
	30	11,5 Aa	0,5 Ab	30,0 Ab	54,0 Aa	70,5 Ba	73,5 Ba	71,0 Aa	75,0 Aa
3	0	0,0 Ba	0,0 Aa	0,0 Aa	0,0 Ca	82,0 Aa	82,0 Aa	85,5 Aa	85,5 Aa
	10	16,5 Aa	0,0 Ab	17,0 Ab	60,0 Aa	85,0 Aa	80,5 Aa	72,0 Bb	84,5 Aa
	20	0,0 Ba	0,0 Aa	16,0 Aa	30,5 Ba	82,0 Aa	80,0 Aa	70,0 Ba	74,0 Ba
	30	4,0 Ba	0,5 Aa	15,5 Aa	30,5 Ba	78,5 Aa	72,0 Ba	71,0 Ba	71,0 Ba
4	0	22,5 Aa	22,5 Aa	23,0 Aa	23,0 Ba	83,0 Aa	83,0 Aa	83,0 Aa	83,0 Aa
	10	17,5 Aa	0,0 Bb	21,5 Ab	61,0 Aa	82,0 Aa	86,0 Aa	70,0 Ba	76,5 Aa
	20	0,0 Ba	0,0 Ba	40,5 Aa	51,5 Aa	88,0 Aa	75,5 Bb	79,0 Aa	77,5 Aa
	30	2,5 Ba	0,0 Ba	28,0 Aa	43,5 Aa	74,0 Ba	79,5 Ba	80,0 Aa	85,5 Aa
5	0	9,0 Aa	9,0 Aa	12,5 Ba	12,5 Ca	81,5 Aa	81,5 Aa	80,0 Aa	80,0 Aa
	10	17,5 Aa	0,0 Bb	48,5 Aa	62,5 Aa	85,5 Aa	78,5 Aa	76,5 Aa	82,0 Aa
	20	0,0 Ba	0,0 Ba	40,0 Ab	63,5 Aa	84,5 Aa	78,0 Aa	77,5 Aa	80,5 Aa
	30	17,5 Aa	1,5 Bb	37,5 Aa	42,0 Ba	75,5 Ba	75,0 Aa	78,0 Aa	79,0 Aa
CV (%)		37,8		24,1		6,6		9,0	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, dentro de cada forma de aplicação, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade; CV = coeficiente de variação.

As sementes pré-germinadas após estarem em contato com os extratos via papel filtro, apresentaram de forma geral percentuais superiores aos verificados no teste de germinação, obtendo-se percentuais médios de 92,7% em laranja e 90,4% em alho (Tabela 3). Este resultado revela que no caso do tratamento sanitário de sementes com extratos aquosos, o contato das sementes com os extratos deve ocorrer de forma indireta. Além disso, de acordo com Ferreira e Áquila (2000), a germinação de sementes em contato direto com extratos vegetais deve ser evitada, dando-se preferência para que as sementes sejam colocadas para germinar previamente em água destilada, e só depois as plântulas com determinado tamanho de radícula, sejam transferidas para o contato com os extratos, possibilitando a uniformização da amostra de trabalho.

Tabela 3. Percentuais médios do número de plântulas normais desenvolvidas a partir de sementes pré-germinadas de cenoura cv. Brasília, submetidas aos extratos vegetais de laranja e alho em diferentes concentrações. UENP-CLM, Bandeirantes (PR), 2022.

Lote	Laranja			Alho		
	10%	20%	30%	10%	20%	30%
1	91,5 a	87,5 a	89,5 a	88,5 a	84,0 b	63,5 b
2	94,0 a	95,0 a	93,0 a	97,5 a	96,5 a	90,5 a
3	90,0 a	89,0 a	91,5 a	95,5 a	82,5 b	74,5 b
4	89,0 a	89,0 a	93,5 a	96,0 a	99,0 a	93,0 a
5	99,5 a	99,0 a	99,0 a	99,0 a	99,0 a	97,5 a
Média geral	92,7			90,4		
CV (%)	7,2					

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade; CV = coeficiente de variação.

O extrato de alho, em concentrações superiores a 20%, diminuiu o desenvolvimento das plântulas de sementes pré-germinadas dos lotes 1 e 3, com um aumento significativo do número de plântulas anormais observadas ao final do teste (Tabela 3). De acordo com Inderjit e Dakshini (1995), o crescimento das plântulas tem maior sensibilidade ao efeito dos aleloquímicos, em comparação com o percentual de germinação. Tal sensibilidade pode estar relacionada a problemas na permeabilidade de membranas, na transcrição e tradução do DNA, no funcionamento dos mensageiros secundários, na conformação de enzimas e receptores (Rizvi; Rizvi, 1992). Todavia, esse efeito foi notado em dois lotes, que apresentaram desempenho inferior durante a condução dos testes de caracterização dos lotes (Tabela 1), sendo possível que processos associados a deterioração, tenham acentuado os efeitos dos aleloquímicos.

Os resultados observados no presente estudo demonstram que, os metabólitos secundários presentes nos extratos de laranja e alho podem beneficiar o processo germinativo das sementes de cenoura. O extrato de alho, quando aplicado via papel filtro, apresentou ação semelhante à de um agente osmótico ao acelerar a germinação das sementes. De acordo com Pereira et al. (2008), o condicionamento osmótico de sementes de cenoura pode ser utilizado visando melhorar o desempenho germinativo, porém, existem relatos sobre o aumento da incidência de fungos em sementes osmocondicionadas (Maude et al., 1992; Nunes et al., 2000). Neste caso faz-se necessário a adição de fungicidas à solução osmótica como forma de inibir o desenvolvimento de microrganismos (Khan, 1992). Neste contexto, os resultados deste trabalho demonstraram que extrato de alho pode ser empregado, como alternativa para o osmocondicionamento de sementes de cenoura, possibilitando o controle de patógenos e, ao mesmo tempo estimulando o processo germinativo.

CONCLUSÃO

Os extratos de cenoura e o de alho demonstraram bioatividade positiva sobre o desempenho germinativo das sementes de cenoura, beneficiando a velocidade de germinação e crescimento das plântulas, até mesmo em lotes de menor qualidade fisiológica. No tratamento sanitário o contato das sementes de cenoura com os extratos vegetais deve ocorrer de maneira indireta.

AGRADECIMENTOS

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão das bolsas de mestrado aos autores mestrandos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Borella, J. et al. (2012). Respostas na germinação e no crescimento inicial de rabanete sob ação de extrato aquoso de *Piper mikanianum* (Kunth) Steudel. Acta Botanica Brasilica, 26(2): 415-420. DOI: 10.1590/S0102-33062012000200017

BRASIL (2019). Instrução Normativa nº 42, de 17 de setembro de 2019. Estabelece as Normas para a Produção e a Comercialização de Sementes e Mudas de Espécies Olerícolas, Condimentares, Medicinais e Aromáticas e os seus padrões de sementes. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 157(182): 4.

BRASIL (2018). Instrução Normativa nº 39, de 8 de agosto de 2018. Estabelecer as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, registro de produto, autorizações, embalagens, rotulagem, documentos fiscais, propaganda e tolerância dos fertilizantes minerais destinados à agricultura. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 155(154): 19-32.

BRASIL (2009). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Brasília: MAPA/ACS. 399p.

Carvalho, N. M., & Nakagawa, J. (2012). *Sementes: ciência, tecnologia e produção* (5a ed.). Jaboticabal: Funep. 590p.

Costa, C. J. (2012). Deterioração e armazenamento de sementes de hortaliças. Documentos, 355. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 30p.

Cruz, M. E. S., Nozaki, M. H., & Batista, M. A. (2000). Plantas medicinais e alelopatia. Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento, 3(15): 28-34.

Dias, D. C. S. F., & Marcos-Filho, J. (1995). Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: I. Condutividade elétrica. Informativo ABRATES, 5(1): 26-36.

Ferreira, A. G., & Áquila, M. E. A. (2000). Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, 12: 175-204.

Ferreira, D. F. (2019). SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. Revista Brasileira de Biometria, 37(4): 529-535. DOI: 10.28951/rbb.v37i4.450

Guimarães, S. S., Mazaro, S. M., Freddo, A. R., & Wagner Júnior, A. (2015). Potencial de preparados de cavalinha (*Equisetum* sp.) na síntese de metabólitos de defesa em cotilédones de soja (*Glycine max* L.) e o efeito sobre o crescimento de *Rhizoctonia solani* Kuhn, *in vitro*. Revista Brasileira de Plantas Medicinais, 17(1): 143-149. DOI: 10.1590/1983-084X/12_190

Inderjit, Dakshini, K. M. M. (1995). On laboratory biossays in allelopathy. The Botanical Review, 61(1): 28-44. DOI: 10.1007/BF02897150

Khan, A. A. (1992). Preplant physiological seed conditioning. Horticultural Reviews, 13: 131-181. DOI: 10.1002/9780470650509.ch4

Lima, C. B., Rentschler, L. L. A., Bueno, J. T., & Boaventura, A. C. (2016). Plant extracts and essential oils on the control of *Alternaria alternate*, *Alternaria dauci* and on the germination and emergence of carrot seeds (*Daucus carota* L.). Ciência Rural, 46(5): 764-770. DOI: 10.1590/0103-8478cr20141660

Lopes, H. M., Rossetto, C. A. V., & Carneiro, V. (2000). Embebição de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.) em diferentes potenciais osmóticos por dois métodos. Revista Brasileira de Sementes, 22(1): 81-87.

Magalhães, F. H. L., Machado, J. C., Vieira, M. G. G. C., Guimarães, R. M., Oliveira, J. A., & Ledo, C. A. S. (2004). Desempenho de sementes de cenoura portadoras de espécies de *Alternaria* após o condicionamento fisiológico com adição de thiram. Ciência e Agrotecnologia, 28(5): 1007-1014. DOI: 10.1590/S1413-70542004000500006

Marcos-Filho, J. (2015). *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas* (2a ed.). Londrina: ABRATES. 660p.

Maude, R. B., Drew, R. L. K., Gray, D., Petch, G. M., Bujalski, W., & Nienow, A. W. (1992). Strategies for control of seed-borne *Alternaria dauci* (leaf blight) of carrots in priming and process engineering systems. Plant Pathology, 41(1): 204-214. DOI: 10.1111/j.1365-3059.1992.tb02339.x

Nascimento, W. M. (2011). *Hortaliças: tecnologia de produção de sementes*. Brasília: Embrapa Hortaliças. 314p.

Nunes, U. R., Santos, M. R., Alvarenga, E. M., & Dias, D. C. F. S. (2000). Efeito do condicionamento osmótico e do tratamento com fungicida na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de cebola (*Allium cepa* L.). Revista Brasileira de Sementes, 22(1): 239-246.

Pereira, M. D., Dias, D. C. F. S., Dias, L. A. S., & Araújo, E. F. (2008). Germinação e vigor de sementes de cenoura osmocondicionadas em papel umedecido e solução aerada. Revista Brasileira de Sementes, 30(2): 137-145. DOI: 10.1590/S0101-31222008000200017

Pereira, R. B., Silva, P. P., Nascimento, W. M., & Pinheiro, J. B. (2015). Tratamento de sementes de hortaliças. Circular Técnica, 140. Brasília: Embrapa Hortaliças. 16p.

Quadros, B. R., Tanaka, A. A., Cardoso, A. I. I., Rigotti, M., & Santos, R. F. (2009). Alelopatia de extrato vegetal de *Porophyllum ruderale* CASS. e *Tridax procumbens* sobre a germinação de sementes de alface. Horticultura Brasileira, 27(2): S278-S282.

Rizvi, S. J. H., & Rizvi, V. (1992). *Allelopathy: basic and applied aspects*. London: Chapman & Hall. 480p. DOI: 10.1002/pca.2800040409

Souza, C. S. M., Silva, W. L. P., Guerra, A. M. N. M., Cardoso, M. C. R., & Torres, S. B. (2007). Alelopatia do extrato aquoso de folhas de aroeira na germinação de sementes de alface. Revista Verde, 2(2): 96-100.

Capítulo 4

Ainda, sobre os paradigmas associados ao cultivo do eucalipto no cerrado

Recebido em: 09/05/2022
Aceito em: 18/05/2022
10.46420/9786581460419cap4

Ana Carolina Pereira Ruas[1]
Stanley Schettino[1*]

INTRODUÇÃO

A área de florestas plantadas no Brasil totalizou 9,55 milhões de hectares em 2020, um crescimento de 6,22% em relação ao ano de 2018. Esse aumento se deve exclusivamente ao aumento das áreas com eucalipto, cujos plantios, em 2020, ocupavam 7,47 milhões de hectares no Brasil localizados, principalmente, nos Estados de Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul (IBÁ, 2021), predominantemente implantados no bioma cerrado.

De acordo com Calixto et al. (2009), a introdução do eucalipto no Brasil veio com a promessa de frear o desmatamento de florestas nativas e também de prover carvão para as indústrias siderúrgicas e centros urbanos e, posteriormente, para suprimento de madeira para as indústrias de celulose. A modernização produtiva da indústria de bens de produção e consumo duráveis foi possível devido aos subsídios e incentivos fiscais que eram oferecidos pelo governo. Esses incentivos fiscais tinham como foco incentivar a ocupação de áreas consideradas inaproveitadas como, por exemplo, o cerrado, que era visto como uma promessa de adaptação às novas técnicas de mecanização intensivas, e também devido a sua grande disponibilidade de mão de obra e por possuir áreas planas. Por sua vez, o avanço da fronteira agrícola propiciou o surgimento e o fortalecimento da silvicultura no Cerrado já que, com o passar dos anos, essas terras começaram a ser consideradas improdutivas para a produção agrícola e com isso passaram a ser reflorestadas.

Juntamente com os incentivos governamentais, os estudos sobre o gênero *Eucalyptus* continuavam. Muitas pesquisas eram incentivadas pelas empresas florestais, já que o benefício econômico que a espécie trazia era o foco principal da produção e, com isso, foi surgindo uma visão social em relação aos benefícios dessa espécie. Paradigmas foram criados acerca dos benefícios dos plantios dos quais, destacam-se: a redução da pressão do desmatamento em áreas nativas, alta adaptabilidade às adversas condições climáticas e por sua madeira poder ser utilizada para diversos fins (Mora; Garcia, 2000).

[1] Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Montes Claros - MG.
[*] Autor correspondente: schettino@ufmg.br

Entretanto, com o passar dos anos, outros paradigmas foram surgindo a partir da implantação da monocultura do eucalipto, dando base para a construção de uma nova linha de pensamento, contrário às ideias propagadas por empresas, bancadas ruralistas e alguns pesquisadores. Com isso, algumas convicções negativas foram criadas, dentre elas: o eucalipto resseca e empobrece o solo, consome ou esgota os recursos hídricos, reduz a biodiversidade da flora local, o eucalipto gera um "deserto verde" e gera poucos benefícios sociais e econômicos no interior. Diversas instituições públicas e civis foram responsáveis por construir e legitimar os diferentes paradigmas que envolvem o tripé: eucalipto, solo e água.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivos: trazer à tona a discussão sobre esses paradigmas; demonstrar a existência de benefícios sociais, econômicos e ambientais; contrapor os prejuízos supostamente apresentados, que em equilíbrio, são capazes de garantir a sustentabilidade da atividade florestal e responder ao questionamento de que o eucalipto seca o solo do cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

A revisão bibliográfica, ou revisão de literatura, é a análise crítica, meticulosa e ampla das publicações correntes em uma determinada área do conhecimento (Gil, 2007). Martins e Pinto (2001) afirmam que a pesquisa bibliográfica procura explicar e discutir um tema com base em referências teóricas publicadas em livros, revistas, periódicos e outros. Busca também, conhecer e analisar conteúdos científicos sobre determinado tema.

Pode-se acrescentar a este acervo as consultas à base de dados, periódicos e artigos indexados com o objetivo de enriquecer a pesquisa. De acordo com Marconi e Lakatos (2007), a revisão bibliográfica é uma forma de pesquisa que possui a finalidade de colocar o pesquisador em contato direto com tudo que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto.

Dessa forma, é possível observar que a pesquisa bibliográfica proporciona o exame de um tema sob novo foco de abordagem, fazendo com que se obtenha conclusões inovadoras.

A metodologia adotada pelo presente estudo consistiu na busca por artigos científicos nas plataformas; Google Acadêmico, Unimontes Cientifica, Plataforma Sucupira, Revista Floresta, Scielo, Teses USP, Periódicos CAPES, e alguns sites do setor florestal e agropecuário, por exemplo, Instituto de Pesquisas Florestais - IPEF, Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, dentre outros. Também se utilizou livros em plataformas online. As palavras chaves adotadas nas buscas foram: eucalipto, cerrado, desmatamento, fronteira agrícola, consumo hídrico do eucalipto, eucalipto e a seca do solo, impactos da cultura.

Os autores utilizados na presente pesquisa, foram divididos de acordo com os paradigmas levantados por eles, sendo assim, os autores que endossam os paradigmas negativos acerca da cultura estudada são: Shiva e Bandyopadhyay (1985); Jayal (1985); Barros e Campos (2011); Van Dijk et al. (2007);

Brown et al. (2007); Andréassian (2004); Bruijnzeel (2004); Lima (2006); Keenan et al. (1997); Poore e Fries (1985); Vechi e Magalhães Junior (2018); Araújo et al. (2010); Schneider (2003); e Viana (2011).

Os paradigmas positivos acerca da cultura do eucalipto foram defendidos por: Vital (2007); Lima (1987); Lima e Zakia, (1996); Scolforo (2008); Valverde (2009); Mora e Garcia (2000); Almeida et al. (2013); Bertola (2014); Araújo et al. (2012); Cavalcanti (1995); e Longue e Colodette (2013).

DESENVOLVIMENTO

O bioma cerrado

As savanas são formações vegetais que se estendem por todos os continentes ligados à faixa tropical, sendo conhecidas como cerrado no Brasil. Segundo maior bioma do país, o cerrado ocupa uma área de 2,04 milhões de quilômetros quadrados (Oliveira; Marquis, 2002). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, as áreas de transição ou de tensão ecológica representam aquelas regiões onde há uma mistura de elementos florísticos entre duas regiões adjacentes. O Ministério do Meio Ambiente - MMA, juntamente com o IBGE, elaborou uma classificação de biomas reconfigurando o domínio cerrado, totalizando uma área de 2.045.064 km² (IBGE, 1991).

Nessa configuração, as áreas de transição foram incluídas, totalizando em torno de 24% do território nacional. A distribuição do cerrado brasileiro se dá pelos Estados de Goiás, Distrito Federal e parte dos Estados de Minas Gerais, Mato Grosso, Rondônia, Mato Grosso do Sul, Bahia, Tocantins, Maranhão, Piauí e Pará.

Segundo Mittermeier et al. (1997), o Brasil é considerado um dos países de maior biodiversidade no mundo, estimando-se que, aproximadamente, 10% de toda a biota terrestre encontram-se no país. No domínio cerrado, encontra-se um terço da biodiversidade do país e também 5% da fauna e flora mundiais sendo, por isso, considerada a savana mais biologicamente diversificada do mundo. Estima-se que possua mais de 6 mil espécies de árvores e 800 espécies de aves (ICMBIO, 2021).

Acredita-se que mais de 40% das espécies de plantas lenhosas e 50% das abelhas sejam endêmicas. Ao lado da Mata Atlântica, é considerado um dos hotspots mundiais, ou seja, um dos biomas mais ricos e ameaçados do mundo (ICMBIO, 2021). A grande complexidade de hábitats e paisagens no cerrado propiciam a existência de uma fauna diversa e abundante, distribuída de acordo com os recursos ecológicos disponíveis, topografia, solo e microclima. Estimativas apontaram aproximadamente 320.000 espécies da fauna para o Cerrado, distribuídas por 35 filos e 89 classes, sendo 67.000 de invertebrados, correspondendo a 20% da biota desse bioma (Klink; Machado, 2005).

O termo cerrado é comumente utilizado para designar o conjunto de ecossistemas (savanas, matas, campos e matas de galeria) que ocorrem no Brasil Central. Apresenta um clima estacional, com estações bem definidas em período chuvoso (outubro a março) e período seco (abril a setembro), apresentando uma precipitação média anual em torno de 1.500 mm. As temperaturas são geralmente amenas ao longo do ano, entre 22°C e 27°C em média (Oliveira; Marquis, 2002).

Souza et al. (2018) classificam os cerrados, de acordo com a sua vegetação, em: cerradão, cerrado propriamente dito, campo sujo e campo limpo, sendo o cerradão uma fisionomia de transição entre o cerrado e a floresta; o cerrado propriamente dito é formado por árvores e arbustos tortuosos, de cascas grossas e gretadas, folhas grandes e grossas; o campo sujo é a denominação dada à vegetação de arbustos baixos e espaçada entremeada por gramíneas e o campo limpo é uma formação vegetal caracterizada por campos revestidos por gramíneas, apresentando, às vezes, arvoretas muito afastadas entre si.

Os latossolos predominam no Cerrado Brasileiro, estando presentes em 46% da área do bioma. Estes tipos de solo se caracterizam, principalmente, pela baixa fertilidade e alta acidez. Por outro lado, tratam-se de solos antigos, profundos, com ótima drenagem e que se assenta em relevos planos ou levemente ondulados (Santos et al., 2010).

O relevo é marcado por intercalações e planaltos, depressões e planícies. Os planaltos são dominados por áreas planas, denominadas chapadas, que se intercalam com áreas onduladas. As depressões compreendem os compartimentos formados pelos processos erosivos, que levaram à formação das linhas de drenagem e das bacias hidrográficas, e nelas estão os solos mais jovens e férteis do bioma. As planícies de maior extensão estão embutidas nas depressões e correspondem aos terraços aluviais, regiões antigas e raramente alcançadas pelas enchentes (Ab'Sáber, 1981).

O cerrado possui vegetação xeromorfa (adaptada à baixa disponibilidade hídrica), oligotrófica (que sobrevive com pequena quantidade de nutrientes) e com fisionomias que variam do arbóreo denso ao gramíneo-lenhoso. A variabilidade estrutural acentuada é característica marcante desta formação vegetal. O cerradão é a subformação clímax e o campo limpo, a menos desenvolvida. Essa variação estrutural é ocasionada pelas amplas variações de condições do solo e de disponibilidade hídrica local (Pivello; Coutinho, 1996; Rizzini, 1997).

Solo, água e eucalipto

Uma das principais críticas dentre as que frequentemente são destinadas ao eucalipto é em relação ao empobrecimento do solo das regiões onde o monocultivo é instalado. De acordo com Palmberg-Lerche (2002), a remoção de nutrientes do solo em plantações de eucalipto irá depender: (1) das técnicas de manejo das plantações; e (2) dos métodos de colheita. Segundo o mesmo, o consumo de nutrientes por árvores de eucalipto, não é maior do que o consumo de outras culturas agrícolas.

A retirada de nutrientes do ecossistema (que estão contidos em diversas partes das plantas) ocorre nos momentos de colheita, quando parte da biomassa que produzida pela cultura é retirada da floresta. Porém, podem-se minimizar esses efeitos deixando raízes, cascas e galhos sobre o solo. Essa deposição de materiais é denominada serrapilheira, e sua principal função é devolver parte dos nutrientes contidos nesses resíduos ao solo. Da área retira-se apenas a madeira, que é formada principalmente por uma reação química entre dióxido de carbono, presente no ar, e água, reação esta catalisada pela luz solar, através da fotossíntese (Gorniski, 2009).

Vital (2007) estima que, para cada tonelada de madeira gerada, é produzido como resíduo entre 0,30 e 0,35 toneladas de serrapilheira. Desta forma, em um plantio de eucalipto, grande parte dos nutrientes retirados do solo retornam ao mesmo, primeiro na ciclagem das folhas, durante o crescimento da árvore, e depois com o corte e reincorporação deste material no solo. De toda forma, retornando ao assunto solo, pode-se inferir que o eucalipto acaba por melhor suas condições físico-químicas. Em primeiro lugar porque o solo ficará no mínimo sete anos sem revolvimento, o que reduz drasticamente a erosão. Segundo porque as raízes promoverão a aeração do solo, e terceiro porque a camada de folhas mortas que cobrirá o solo e será incorporada se tornará matéria orgânica, aproveitável para futuros plantios agrícolas ou florestais (Gorniski, 2009).

Basicamente, o eucalipto necessita captar CO_2 e O_2 do ar para realizar, respectivamente, duas importantes atividades metabólicas: a fotossíntese e a respiração, sendo que a fotossíntese necessita, ainda, da água retirada do solo. Nos vegetais, a água tem três funções principais: participar na reação da fotossíntese, ser transpirada pelas aberturas dos estômatos no processo de respiração e ser veículo para transporte (como seiva). Em conjunto, essas atividades metabólicas alimentam um ciclo completo da água que, após precipitar-se sobre o solo, é sugada pelas raízes, evaporada de volta para a atmosfera, precipitando-se novamente sobre o solo (Vital, 2007).

O gênero Eucalyptus possui características como propriedades das folhas, índice de área foliar e a arquitetura das copas que possibilitam a redução do consumo de água e que lhe dão elevada capacidade de adaptação às variações climáticas. Suas folhas são espessas, resistentes e duráveis. A oferta adicional de água e nutrientes, quando feita no plantio, permite a obtenção de maiores índices de área foliar e, consequentemente, maior produtividade (Fitzsons e Parron, [s.d]). A arquitetura das copas é bastante diferenciada das coníferas e essa estratégia reduz a carga térmica quando há alta irradiação, especialmente em torno do meio-dia, devido à elevação da radiação solar (Whitehead; Beadle, 2004)

Poore e Fries (1985) afirmam que quanto mais rápido o crescimento de uma árvore, maior seu consumo de água. Estima-se que a faixa de evapotranspiração de uma plantação de eucalipto seja equivalente a precipitações pluviométricas ao redor de 800 a 1.200 mm/ano. Entretanto, esse consumo de água utilizado pela espécie não significa, necessariamente, que haverá um ressecamento ou impacto negativo nos lençóis freáticos, pois, esses impactos não dependem somente do consumo de água pelas plantas, mas também da precipitação pluviométrica da região de cultivo.

Taxas de transpiração diária para diferentes idades e espécies de eucalipto, em diversas regiões do mundo, mostram variações estacionais desde 0,2 a 7,7 mm.dia-1 o que corresponderia, para plantios com área de 6 m2/planta, a valores diários oscilando entre 1,2 e 46,2 l de água/árvore (Whitehead; Beadle, 2004). Essa grande amplitude é decorrente da variabilidade das condições edáficas, do manejo e das características genéticas e idade das espécies, das variações climáticas sazonais e do potencial de crescimento do local (Albaugh et al., 2013). Contudo, independente da espécie de eucalipto, da idade da plantação e do manejo, em locais de clima seco e de solo com baixa retenção hídrica, é de se esperar um

baixo consumo diário de água do solo, principalmente na estação seca. Isto ocorre devido as plantas de Eucalyptus exercem eficiente controle estomático sob condições de baixa disponibilidade de água (Almeida; Soares, 2003). Em contrapartida, em sítios com precipitações pluviométricas altas e solos com boa retenção hídrica, esse consumo pode atingir valores mais altos, principalmente, na estação chuvosa.

Somente em áreas de precipitação pluviométrica inferior a 400 mm/ano, o eucalipto pode acarretar ressecamento do solo ao utilizar as reservas de água nele contidas (podendo, nesse caso, prejudicar também o crescimento de outras espécies). Em regiões de maior volume pluviométrico, portanto, as plantações de eucalipto, por receberem mais água do que aquilo que consomem, não levaria ao ressecamento do solo (Davidson, 1993).

Mello et al. (1997) realizaram um estudo comparativo a respeito do comportamento das raízes de eucalipto plantado via semente e via estacas (material vegetativo), concluindo que, na área de estudo, as raízes não ultrapassaram a profundidade de 1,4 metros, independente da origem do material. Conforme citado por Lima e Zakia (2006), uma floresta de eucalipto estimula a maior infiltração d'água no solo em detrimento do escoamento superficial, o que tende a elevar o lençol freático. Dificilmente o eucalipto irá alcançar o lençol freático, pois os únicos locais onde o mesmo se mostra tão superficial é nas proximidades de algum curso d'água, áreas estas protegidas por lei e destinadas à manutenção das chamadas Áreas de Preservação Permanente, onde não é legalmente possível o desenvolvimento de qualquer cultura, eucalipto inclusive.

Há que se considerar que o consumo dependerá da localização das plantações em relação à bacia hidrográfica. Se as plantações estão situadas em locais de maior altitude, as raízes dos eucaliptos, por não ultrapassarem 1,4 m, não alcançariam os lençóis subterrâneos. Se, entretanto, as florestas forem plantadas perto das bacias hidrográficas, os eucaliptos passam a consumir mais água, crescem mais rapidamente e podem gerar impactos sobre os lençóis freáticos tanto localmente como a jusante. Cabe ressaltar que a profundidade dos lençóis freáticos varia em função das características do solo, bem como das características hídricas de cada região, de tal sorte que o impacto das plantações de eucalipto sobre os lençóis d´água deve ser analisado caso a caso (Silva et al., 2016).

Os desertos verdes são as grandes áreas cobertas por um tipo de vegetação que foi introduzido de maneira artificial pelo ser humano, seja por meio de reflorestamento com espécies consideradas não nativas ou mesmo por meio de plantações agrícolas em larga escala. Os exemplos mais característicos de desertos verdes são as florestas plantadas por indústrias de celulose e papel, como *Pinus* e *Eucalyptus*, assim como as extensas lavouras de soja e de cana de açúcar (Oleriano; Dias, 2007).

Alguns segmentos da sociedade criticam a cultura de eucalipto afirmando que essa possui grande demanda por água em seu ciclo de cultura. Entretanto, de acordo com Scolforo (2008) e os dados apresentados na Tabela 1, é possível verificar a não existência de grandes diferenças entre a cultura de eucalipto e as demais apresentadas, em relação ao consumo de água.

Tabela 1. Quantidade de água necessária durante um ano ou ciclo da cultura. Fonte: Scolforo (2008).

Cultura	**Consumo de água (mm)**
Cana de açúcar	100-2000
Café	800-1200
Citrus	600-1200
Milho	400-800
Feijão	300-600
Eucalipto	800-1200

Obs: 1 mm (milímetro) corresponde a 1 litro de água por metro quadrado.

Tabela 2. Comparação entre o consumo de água do eucalipto e outras culturas. Fonte: Scolforo (2008)

Cultura/Cobertura	**Eficiência de uso da água**
Batata	1 kg de batata / 2.000 l de água
Milho	1 kg de milho / 1.000 l de água
Cana de Açúcar	1 kg de açúcar / 500 l de água
Cerrado	1 kg de madeira / 2.500 l de água
Eucalipto	1 kg de madeira / 350 l de água

Ainda assim, as bacias hidrográficas florestais, quando comparadas com as de pastagens ou outro tipo de vegetação não florestal, possuem uma vazão hipoteticamente menor. Isto se dá porque para o rápido desenvolvimento das plantas (Lima, 1987), principalmente nos estágios iniciais, é necessária uma maior quantidade de água e, por tal razão e por curto períodos de tempo, as bacias não florestais apresentam maior vazão se comparadas com a outra (Oleriano e Dias, 2007). A Tabela 2 apresenta uma comparação entre a eficiência do consumo de água do eucalipto e outras culturas agrícolas, destacando-se que o eucalipto é um dos mais eficientes produtores de biomassa (toda e qualquer matéria orgânica formada pela planta).

De acordo com Rezende et al. (2011), o fato de o eucalipto e outras atividades agrícolas e pecuárias consumirem água o quanto necessitarem não significa que estas sejam os grandes vilões no que diz respeito ao impacto ambiental sobre o solo, a água e a biodiversidade em geral. No tocante a parte hídrica, afirmam os autores, é preciso comparar as condições climáticas atuais com as de alguns anos atrás, visto que o aquecimento global em decorrência das emissões atmosféricas, principalmente de CO_2, interferem diretamente nas variáveis climáticas, as quais estão em constante mudança em relação as séries históricas.

Além destas informações, os autores ressaltam que 1 hectare de eucalipto consome 10 toneladas de carbono da atmosfera por ano, contribuindo para a diminuição da poluição, do aquecimento global e combatendo o efeito estufa. Em resumo, mais do que ser um negócio rentável e produtivo, as plantações

de eucalipto têm cumprido seu papel fundamental de reduzir a pressão sobre as matas nativas, ainda muito usadas no consumo de carvão vegetal, móveis e madeira sólida (Rezende et al., 2011).

Em outro estudo, Gorniski (2009) aponta que plantios de eucaliptos podem servir como corredores ecológicos em pequenas distâncias, pois fornece cobertura e proteção a pequenos animais, que em um cultivo agrícola ficariam expostos à predadores. O autor ainda apresenta vários experimentos de agrossilvicultura bem-sucedidos espalhados pelo país, que contrapõe a informação de que o eucalipto impede o crescimento de outras plantas ao seu redor. Ocorre que o eucalipto é uma planta que exige sol pleno, não tolerando sombreamento, o que força o produtor a lançar mão de técnicas que evitem o surgimento de plantas concorrentes.

A questão dos efeitos ambientais das plantações de eucalipto parece, hoje, tão indefinida quanto a própria origem dessas especulações. Todavia, as dúvidas ainda persistem em diversos países, e a controvérsia do eucalipto está longe de ser resolvida. Como citado na introdução deste estudo, os impactos aqui explorados serão apresentados a partir dos paradigmas positivos e negativos estabelecidos em torno da cultura do eucalipto.

Paradigmas negativos sobre a cultura do eucalipto

Os paradigmas negativos acerca do plantio de eucalipto são: o eucalipto resseca e empobrece o solo, consome ou esgota os recursos hídricos, reduz a biodiversidade da flora local, o eucalipto gera um "deserto verde" e gera poucos benefícios sociais e econômicos no interior.

Um dos problemas debatidos é o impacto causado no solo e um possível ressecamento. Alguns pesquisadores afirmam com veemência que o seu plantio é um problema que deve ser revisto para evitar danos maiores. O texto indiano denominado "*Inventário Ecológico sobre o Cultivo do Eucalipto*" (Shiva; Bandyopadhyay, 1985) assume uma posição crítica em relação aos plantios extensivos e homogêneos de eucalipto, relacionando os aspectos naturais e sociais dos impactos ambientais. A principal crítica feita à realização de projetos de plantações homogêneas de eucalipto diz respeito aos danos causados sobre os ciclos hidrológicos. O desempenho positivo ou negativo da planta em relação aos recursos hídricos dependerá, diretamente, da quantidade de água disponível, mas também, da quantidade requerida pela árvore para a manutenção de sua vida. De acordo com esses autores, devido a competição criada pela umidade do solo, o eucalipto impede o crescimento de outras plantas, como também bloqueia o abastecimento do lençol freático. Ainda, afirmam, a estrutura biológica e morfológica do eucalipto permite que, mesmo sobre tensão por escassez de água, a planta continue sua retirada. Sendo assim, em nenhuma hipótese a planta apresenta mecanismos de conservação de água.

Jayal (1985), sobre essa perspectiva, afirma que o eucalipto causa desertificação, pois demanda grande quantidade de água, retira nutrientes do solo e não os repõe e deposita substâncias químicas que prejudicam a reorganização do ecossistema. Endossando essa afirmação, Barros e Campos (2011) pontuam que os impactos ambientais deixados pela espécie exótica ficam mais evidentes quando seu

plantio é realizado em grande escala, pois acelera o processo de desequilíbrio ambiental, tendo vista que esta espécie é dominante e não permite crescimento de outras espécies, evitando a ocorrência de biodiversidade, fator fundamental para manter o meio ambiente em harmonia.

Em seu estudo, Van Dijk et al., (2007), demonstram evidências que sugerem que as plantações florestais reduzem a disponibilidade de água, bem como baixam os níveis dos fluxos superficiais em microbacias pequenas, mas não são esperadas influências em microbacias maiores. Brown et al. (2007), estimando os impactos das plantações sobre a água em uma microbacia na Austrália, concluem que numa base média anual na escala da bacia total, os impactos de diferentes cenários de vegetação no fluxo superficial são mínimos. Entretanto, quando se consideram respostas locais, em anos críticos e consecutivos, alguns impactos potencialmente maiores são identificados.

Para Andréassian (2004), sem dúvida as plantações possuem um impacto sobre o balanço hídrico na escala de bacias hidrográficas, sendo o consumo de água nas plantações geralmente maior que em outros tipos de vegetação. O corte das árvores resulta num aumento da produção de água e o estabelecimento de plantios diminui. No entanto, afirma o autor, não se sabe completamente as consequências com a idade do povoamento, ou com o aumento da porcentagem de cobertura florestal na escala da bacia hidrográfica.

Também, de acordo Bruijnzeel (2004), maior atenção deveria ser dada à base geológica que controla o comportamento hidrológico da microbacia quando se analisam os efeitos das mudanças do uso do solo sobre os fluxos superficiais ou a produção de sedimentos. Finalmente, Lima (2006) descreve que um aspecto importante para o entendimento das relações entre a água e as plantações com espécie arbóreas é a escala do uso da terra e, no contexto de melhores práticas de manejo florestal, a microbacia hidrográfica deve estar incorporada como unidade sistêmica da paisagem e monitoramento, a fim de integrar todos os processos envolvidos no balanço hídrico. Desta forma, com uma escolha apropriada da microbacia a ser florestada e com plantios planificados e manejados, as plantações podem ser uma parte viável e positiva da economia rural com impactos mínimos sobre os fluxos dos rios (Keenan et al., 1997).

Os efeitos alelopáticos do eucalipto são descritos em uma obra clássica de Poor e Fries (1985), que apresentam indicações de que algumas espécies de eucalipto podem produzir químicos que inibem a germinação e o crescimento de outras plantas. Outro paradigma descrito por Vechi e Magalhães Junior (2018), é que o eucalipto contém algumas substâncias nocivas ao meio ambiente, o qual pode sofrer algumas consequências nada confortáveis e quase imperceptíveis.

Por sua vez, Araújo et al. (2010) indicam que a grande quantidade de serapilheira produzida por *Eucalyptus urograndis* representa um potencial impacto para ambientes aquáticos naturais. Este estudo também aponta que a utilização dessa espécie em plantio florestal extensivo no estado de Minas Gerais vem aumentando e com isso amplia-se o risco eco toxicológico. Os autores afirmam que é necessária uma atenção para a serapilheira, material gerado pelo cultivo em grande escala do eucalipto, a fim de

evitar maiores consequências ao meio ambiente, em especial aos ecossistemas aquáticos, por conter grande quantidade de óleos nesse material.

Schneider (2003) aponta que um aspecto desfavorável do cultivo do eucalipto é a falta de decompositores e animais que se alimentem de suas folhas. Os óleos essenciais, presentes nas folhas impossibilitam o consumo das mesmas por animais, ficando assim acumuladas sobre o solo. Devido esses fatores, o autor avalia a folha do eucalipto com sendo dura e pouco atrativas para o consumo da maioria dos animais, devido à concentração usualmente elevada de taninos, resultando em condições inóspitas para os insetos e todos os demais animais da cadeia trófica.

Outro paradigma levantando é a ausência ou pouca diversidade de espécies animais em reflorestamentos de eucalipto. Entretanto, é indubitável que uma monocultura, quer de eucalipto ou de qualquer outra espécie, é reconhecidamente menos capaz de suportar uma alta diversidade de fauna, dada a indisponibilidade de nichos apropriados (Viana, 2011). Contudo os impactos ambientais do eucalipto sobre a água, o solo e a biodiversidade dependem fundamentalmente das condições de plantio e manejo empregadas e a forma na qual ocorre sua colheita.

Paradigmas positivos sobre a cultura do eucalipto

Os paradigmas positivos acerca do plantio de eucalipto são: a redução da pressão do desmatamento em áreas nativas, alta adaptabilidade às adversas condições climáticas e por sua madeira poder ser utilizada para diversos fins. A seguir, serão ressaltados os principais trabalhos acerca desse tema.

Segundo Vital (2007), evidências acerca do consumo absoluto de água pelo eucalipto apontam para valores entre 800 a 1.200 mm ano^{-1}. Uma vez que grande parte das plantações brasileiras de eucalipto situa-se em regiões de volume pluviométrico superior a 1.200 mm ano^{-1}, em tese, as florestas não tenderiam a acarretar déficit hídrico nessas regiões. Já os impactos sobre lençóis freáticos devem ser analisados caso a caso, pois dependem da localização da floresta em relação à bacia hidrográfica. Do ponto de vista da eficiência na produção de biomassa, Vechi e Magalhães Junior (2018) afirmam existir diversos estudos que apontam o eucalipto como uma das mais eficientes espécies, ou seja, o eucalipto produz mais biomassa por litro de água consumido do que a grande maioria de outras culturas.

Lima (1987) afirma que não existe nenhuma ressalva em relação ao consumo de água pelo eucalipto. Pelo contrário, defende que a maior parte das espécies possuem importantes mecanismos de adaptação a situações de déficits hídricos, concorrendo, assim, para a "economia" do consumo de água. Em relação as raízes, o autor salienta que, como nas demais espécies florestais, a concentração de raízes do eucalipto é nas camadas superficiais, sendo o desenvolvimento radicular profuso e bem desenvolvido lateralmente.

Não existe grande diferença entre as raízes da maior parte das espécies de eucalipto e outras espécies florestais, não trazendo prejuízos às águas subterrâneas, pois na maioria das condições do relevo a situação normal do lençol freático está muito além do alcance do crescimento do sistema radicular, e

alimentação da transpiração ao longo do ano é feita pela água do solo na extensa zona de aeração (Lima; Zakia, 1996).

Scolforo (2008) assinala a eficiência do eucalipto em relação ao consumo de água, especialmente em ambientes úmidos, relativizando a força da sua capacidade de absorção da umidade quando comparada às outras espécies nativas e agrícolas. O autor apresenta experimentos que comprovaram que as florestas nativas e algumas culturas agrícolas (cana, milho, café, citrus e feijão) transpiram tanto ou mais que o eucalipto. Valverde (2009) corrobora essa informação, ressaltando a eficiência única do gênero em relação ao consumo de água e que a redução ou não da quantidade de água no solo, alterando a vazão dos cursos d´água, é inerente a qualquer cultura, dependendo exclusivamente do manejo adequado da microbacia.

De acordo com Mora e Garcia (2000), o gênero não apresenta grandes diferenças em relação às outras plantações arbóreas e vegetações no que concerne à redução da umidade do solo e de água subterrânea. O regime de água do solo e da água subterrânea sob plantações de eucalipto não difere substancialmente daquele observado sob plantações de outras espécies florestais, ou mesmo de outros tipos de vegetação. Em relação ao déficit anual de água do solo e à dinâmica da água subterrânea, o eucalipto comporta-se como qualquer outra espécie florestal, afirmam os autores.

Almeida et al. (2013) avaliaram os efeitos dos plantios comerciais de eucalipto e de pastagens sobre os principais componentes do balanço hídrico em microbacias e concluiu que apesar das maiores taxas de infiltração de água no solo, as microbacias com eucalipto demonstram uma redução na produção potencial de água em relação as microbacias com pastagens, no entanto elas apresentam maior conservação do solo nessas áreas.

No que diz respeito à biodiversidade, a monocultura extensiva do eucalipto, ou de qualquer outra cultura, pode restringir a variabilidade de recursos para o desenvolvimento de espécies vegetais e animais, mas deve-se levar em consideração que centenas de espécies de plantas, gramíneas, pássaros e mamíferos, ainda estão vivendo nessa monocultura florestal, incluindo planejamento técnico de utilização das áreas (seleção de solos aptos para plantio, preservação de mananciais e matas ciliares...), do estabelecimento de corredores de vegetação natural para a movimentação da fauna, do plantio de enriquecimento nas áreas de preservação e da adoção de manejos diferenciados (cortes em faixas) (Mora; Garcia, 2000).

Segundo Bertola (s.d.) com um mercado sempre crescente e cada vez mais exigente em qualidade, o eucalipto surge como opção para redução da pressão de desmatamento das florestas naturais. Informação corroborada por Araújo et al. (2012), que enfatizam o uso da madeira de eucalipto tratada na construção de cercas em propriedades rurais, importante para suprir uma necessidade de substituição de outras madeiras retiradas de florestas nativas, principalmente a aroeira. Nesse aspecto a maior vantagem é de ordem ambiental, pois evita que haja exploração predatória de madeira nativa.

Em comparação com outras modalidades de uso da terra, o reflorestamento ou plantio comercial de espécies arbóreas é a atividade agrícola que mais se recomenda para a conservação do solo, proteção

dos mananciais e a recuperação de áreas degradadas (Schettino; Cardoso, 2022). Precisamente, por este motivo, é que se considera a silvicultura e os cultivos perenes como os mais indicados sistemas de uso da terra para regimes de clima tropical, onde são mais graves os riscos de degradação do solo através da erosão e lixiviação. O reflorestamento desempenha um papel importante como fator de desenvolvimento socioeconômico a nível regional e nacional (Bertola, 2014).

O uso de técnicas de consorciação de cultivo, os chamados sistemas agroflorestais, agrossilviculturais ou agrossilvopastoris, que permitem um melhor aproveitamento de nutrientes e maior sustentabilidade se apresentam como uma opção capaz de minimizar os impactos ambientais. Como afirma Lima (1987), os sistemas agroflorestais são vistos como uma alternativa promissora para as propriedades rurais dos países tropicais em desenvolvimento. Pela integração da floresta com as culturas agrícolas e a pecuária, esses sistemas oferecem uma alternativa para enfrentar os problemas crônicos de baixa produtividade, de escassez de alimentos e de degradação ambiental generalizada.

Em relação aos locais de implantação, o reflorestamento de eucalipto deve ser direcionado para a recuperação de áreas alteradas pelo homem, e nunca em substituição à vegetação nativa. Assim, ao se incentivar o plantio homogêneo em áreas degradadas, automaticamente se estará afastando a possibilidade de que ele seja levado a efeito em áreas cobertas por vegetação nativa (Lima, 1987).

Outra forte crítica ao eucalipto está relacionada ao seu possível efeito alelopático, ou seja, que ele possa criar no solo condições desfavoráveis ao crescimento de outras plantas, o que poderia resultar, a longo prazo, no desaparecimento do ecossistema original. Bertola (2014) reconhece que há ainda muito espaço para o estudo das possíveis interações do eucalipto com o solo no que diz respeito à influência sobre o crescimento do sub-bosque, alguns dos efeitos supressivos que já foram registrados na literatura podem ser mais devido à forte competição por água e nutrientes que se estabelece durante a sua fase de crescimento rápido.

Ainda, há que se ressaltar o efeito do sombreamento que o dossel dos plantios de eucalipto proporciona, uma vez que a radiação solar incidente, tanto a fotossinteticamente ativa como a radiação solar global e o entendimento de seu efeito no funcionamento de vários processos fisiológicos, são fundamentais para estabelecer-se uma expectativa de produção vegetal, ou seja, o crescimento de outras plantas é diretamente afetado pela falta de radiação solar (Oliveira et al., 2007).

Quanto à pobreza faunística, Lima (1987) afirma que as plantações florestais não são totalmente destituídas de fauna tendo em vista as melhoria nas condições de hábitat que se pode conseguir com a aplicação de práticas de manejo florestal adequada, tais como a manutenção de um número razoável de árvores adultas nas plantações, o aumento no período de rotação, a retenção de reservas de florestas naturais sem perturbação, a manutenção de algumas clareiras, a distribuição de ninhos artificiais ao longo da plantação florestal, o entremeio de espécies frutíferas, a construção de pequenas represas ao longo da área, entre outros.

Do ponto de vista social, outro aspecto positivo do reflorestamento homogêneo é ressaltado por aqueles que lhe são favoráveis: a geração de empregos no meio rural. Uma vez que os empreendimentos estão localizados nessas áreas, é possível perceber o seu papel como mantenedor das populações rurais, diminuindo a migração para os grandes centros de pessoas em geral semianalfabetas e com poucas condições, portanto, de competir no mercado de trabalho (Bertola, 2014).

Há ainda que considerar o aspecto referente à fixação de CO_2 e ao mercado internacional de carbono. No primeiro caso, como afirma Cavalcanti (1995) as florestas de rápido crescimento para a produção de madeira serrada são fundamentais para a diminuição das concentrações de CO_2 na atmosfera e, em consequência, para a minimização do efeito estufa. Sob essa ótica, Chang (2011) afirma que as formas de sequestrar carbono florestal podem ser simplificadamente classificadas em três tipos, quais sejam: a preservação do estoque de carbono nas florestas já existentes através de ação protetora; o aumento do estoque de carbono florestal por meio de uma ação combinada de práticas de manejo florestal sustentável, regeneração florestal e reflorestamento em áreas degradadas, ou introdução de atividades agroflorestais em áreas de agricultura; e a substituição de combustíveis fósseis por produtos de biomassa vegetal sustentáveis.

Ao avaliar o balanço das emissões e imobilizações de carbono do processo produtivo das florestas plantadas norte do Estado de Minas Gerais, tendo sido os dados coletados em áreas de plantio de *Eucalyptus*, Souza et al. (2019) concluíram que os reflorestamentos nessa região do cerrado se apresentam como alternativa para o sequestro de carbono da atmosfera, contribuindo, de forma positiva, para atenuar os efeitos indesejáveis das emissões de CO_2.

Por fim, outro segmento da exploração do eucalipto que ocupa posição de destaque é a produção de bioprodutos que visam atender mercados variados. A busca pela utilização mais eficiente dos componentes da madeira de eucalipto tem despertado atenção, especialmente em relação a biocombustíveis e bioprodutos. O isolamento e a conversão da lignina e hemiceluloses da madeira em produtos de alto valor agregado como produtos químicos e biomateriais têm sido largamente estudados em associação com madeiras de eucalipto (Longue; Colodette, 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a espécie seja alvo de grandes e inúmeras críticas, o cultivo do eucalipto reduz a pressão sobre as florestas nativas, diminuindo comercialização ilegal de madeiras nobres retiradas de áreas de Reserva Legal ou de preservação permanente no cerrado. Além do mais, o eucalipto contribui para o sequestro e imobilização do carbono atmosférico.

A crítica mais acirrada sobre a cultura do eucalipto diz respeito ao consumo de água. Entretanto, o eucalipto, como qualquer outra árvore, consome mais água na fase inicial de crescimento, embora não seja maior do que o consumo de outras espécies agrícolas e apresente uma elevada eficiência na produção de biomassa nas condições edafoclimáticas do cerrado.

Ainda, que os plantios de eucalipto contribuem para a recuperação de áreas degradadas, para a geração de emprego e renda e, de forma indireta, para a conservação de áreas com florestas naturais.

O eucalipto não deve ser plantado em regiões onde o volume pluviométrico é inferior a 400 mm/ano pois poderia, de fato, levar ao ressecamento do solo, efeito que não depende somente do consumo de água pelas plantas, mas também da precipitação pluviométrica da região de cultivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ab'Sáber AN (1981). Domínios morfológicos atuais e quaternários na região dos Cerrados. Craton & Intracraton, 14(1): 1-33.

Albaugh JM et al. (2013). Eucalyptus and water use in South Africa. International Journal of Forestry Research, Article ID 852540: 1-11.

Almeida AC, Soares JV (2003). Comparação entre uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica) na Costa Leste do Brasil. Revista Árvore, 27(2): 159-170.

Almeida AQ et al. (2013). Modelagem do balanço hídrico em microbacia cultivada com plantio comercial de *Eucalyptus grandis* x *urophylla* no leste de Minas Gerais, Brasil. Revista Árvore, 37(3): 547-556.

Andréassian V (2004). Waters and forests: from historical controversy to scientific debate. Journal of Hydrology, 291(1-2): 1-27.

Araújo FOL et al. (2010). Constituintes químicos e efeito eco toxicológico do óleo volátil de folhas de *Eucalyptus urograndis* (Mirtaceae). Química Nova, 33(7): 1510-1513.

Araújo HJB et al. (2012). Durabilidade de madeira de eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson) tratada com CCA em ambiente amazônico. Acta Amazonica, 42(1): 49-58.

Barros CJ, Campos A (2011). Deserto verde: os impactos do cultivo de eucalipto e pinus no Brasil. Florianópolis: Superintendência Regional do Trabalho e Emprego de Santa Catarina, 14p.

Bertola A (2014). "Eucalipto: Verdades e Mentiras" ["*Eucalyptus*: Truths and Lies"]. Disponível em: <https://tinyurl.com/5d4cc276>. Acesso em: 26/08/2021.

Bertola A (s.d.). Eucalipto - 100 anos de Brasil: "Falem mal, mas continuem falando de mim". Disponível em: <https://tinyurl.com/bdhydwj3>. Acesso em: 02/05/2022.

Brown AE et al. (2005). A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alteration in vegetation. Journal of Hydrology, 310(1-4): 28-61.

Bruijnzeel LA (2004). Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? Agriculture, Ecosystems and Environment, 104: 185-228.

Calixto J et al. (2009). Trabalho, terra e geração de renda em três décadas de reflorestamentos no alto Jequitinhonha. Revista e Economia e Sociologia Rural, 47(2): 519-538.

Cavalcanti I (1995). O vilão eucalipto derruba tabus. Revista Ciência Hoje, 19(112): 5-10.

Chang M (2011). Sequestro de carbono florestal: oportunidades e riscos para o Brasil. Revista Paranaense de Desenvolvimento, 102: 85-101.

Davidson J (1985). Setting aside the idea that eucalyptus are always bad. UNDP/FAO Project Bangladesh BGD/79/017. Rome: FAO.

Fitzsons E, Parron LM (s.d.). Plantações florestais comerciais e água. Disponível em: <https://tinyurl.com/bdf9usd7>. Acesso em: 26/07/2021.

Gil A (2007). Como elaborar projetos de pesquisa. 4 ed. São Paulo: Atlas, 176p.

Gorniski D (2009). Impactos ambientais do eucalipto. Disponível em: <https://tinyurl.com/etxasxnu>. Acesso em: 28/08/2021.

IBÁ (2021). Relatório Anual 2021. São Paulo: Instituto Brasileiro de Economia (IBRE), da Fundação Getúlio Vargas (FGV), 93p.

IBGE (1991). Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 92p.

ICMBIO (2021). Biodiversidade do Cerrado. Disponível em: <https://tinyurl.com/bdhxpvks>. Acesso em: 30/07/2021.

Jayal ND (1985). Destruction of water resources - the most critical ecological crisis of east Asia. Ambio, 15(2): 95-98.

Keenan R et al. (1997). Restoration of plant biodiversity beneath tropical tree plantations in Northern Australia. Forest Ecology and Management, 99: 117-131.

Klink CA, Machado RB (2005). A conservação do Cerrado brasileiro. Megadiversidade, 1(1): 147-155.

Lima WP (2006). Efeitos hidrológicos do manejo de plantações florestais. In: Lima WP, Zakia MJB (Org.). As plantações florestais e a água - implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade e planejamento. São Carlos: RIMA. p. 9-28.

Lima WP (1987). Impacto Ambiental do Eucalipto. Piracicaba: EDUSP, 302p.

Lima WP, Zakia MJB (2006). As florestas plantadas e a água: implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento. São Carlos: RIMA. 218p.

Lima WP, Zakia MJB (1996). Monitoramento de bacias hidrográficas em áreas florestadas. In: I Workshop sobre monitoramento ambiental em áreas florestadas, 1996, Piracicaba: Anais… Pircaicaba: IPEF.

Longue DJ, Colodette JL (2013). Importância e versatilidade da madeira de eucalipto para a indústria de base florestal. Pesquisa Florestal Brasileira, 33(76): 429-438.

Marconi MA, Lakatos EM. (2007). Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas. Amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados. 6 ed. São Paulo: Atlas, 277p.

Martins GA, Pinto RL (2001). Manual para elaboração de trabalhos acadêmicos. São Paulo: Atlas, 87p.

Mello SL et al. (1997). Características do sistema radicular em povoamentos de eucaliptos propagados por sementes e estacas. In: Conferencia IUFRO sobre Silvicultura e Melhoramento de Eucaliptos, 1997, Colombo-PR: Anais... Colombo-PR: EMBRAPA.

Mittermeier R et al. (1997). Megadiversity: Earth's biologically wealthiest nations. Mexico: CEMEX, 1997.

Mora AL, Garcia CH (2000). A cultura do eucalipto no Brasil. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 112p

Oliveira PS, Marquis RJ (2002). Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savana. New York: Columbia University Press, 368p.

Oliveira TK et al. (2007). Radiação solar no sub-bosque de sistema agrossilvipastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais. Cerne, 13(1): 40-50.

Oleriano ES, Dias HCT (2007). A dinâmica da água em microbacias hidrográficas reflorestadas com eucalipto. In: I Seminário de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul: o eucalipto e o ciclo hidrológico, 2007, Taubaté: Anais... Taubaté: UNITAU.

Palmberg-Lerche C (2002). Annotated bibliography on environmental, social and economic impacts of Eucalypts. Compilation from English, French and Spanish Literature, 1995 to 1999. Planted Forests and Trees Working Papers FP/17E. Rome: FAO.

Pivello VR, Coutinho LM (1996). A qualitative successional model to assist in the management of brazilian cerrados. Forest Ecology and Management, 87: 127-138.

Poore MED, Fries C (1985). The ecological effects of eucalyptus. FAO Forestry Paper Series 59. Rome: FAO, 294p.

Rezende LVB et al. (2011). O eucalipto resseca o solo? Mito ou verdade? Disponível em: <https://tinyurl.com/2tbwyfrh>. Acesso em: 28/08/2021.

Rizzini CT (1997). Tratado de fitogeografia do Brasil. 2 ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda, 747p.

Santos MA et al. (2010). O cerrado brasileiro: notas para estudo. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 15p.

Scolforo JR (2008). O mundo do eucalipto: os fatos e mitos de sua cultura. Rio de Janeiro: Mar de Ideias, 69p.

Schettino S, Cardoso PC (2022). A certificação como uma ferramenta na conservação de florestas naturais. In: Zuffo AM (Org.). Avanços nas Ciências Florestais. Nova Xavantina: Ed. Pantanal, p. 23-34.

Schneider M (2003). Consequências da acumulação de folhas secas na plantação de eucalipto em Zitundo, Distrito de Matutuíne. Boletim de Investigação Florestal, 75: 37-42.

Shiva V, Bandyopadhyay J (1985). Ecological audit of Eucalyptus cultivation. India: n. p.. Web.

Silva BPC et al. (2016). Soil and water losses in eucalyptus plantation and natural forest and determination of the USLE factors at a pilot sub-basin in Rio Grande do Sul, Brazil. Ciência e Agrotecnologia, 40(4): 432-442.

Souza CL et al. (2019). Balanço de Carbono do processo de produção de madeira de reflorestamento no Norte de Minas Gerais. Caderno de Ciências Agrárias, 11: 01-08.

Souza VC et al. (2018). Guia das plantas do Cerrado. São Paulo: Taxon Brasil, 584p.

Valverde SR (2009). Esclarecimentos sobre as plantações de eucalipto no Brasil. Viçosa: CIFlorestas, 9p.

Van Dijk et al. (2007). Reforestation, water availability and stream salinity: a multi-scale analysis in the Murray-Darling Basin, Australia. Forest Ecology and Management, 251: 94-109.

Vechi A, Magalhães Júnior CA (2018). Aspectos positivos e negativos da cultura do eucalipto e os efeitos ambientais do seu cultivo. Revista Valore, 3(1): 495-507.

Viana MB (2011). O eucalipto e os efeitos ambientais do seu plantio em escala. Brasília: Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, 56p.

Vital MHF (2007). Impacto ambiental de florestas de eucalipto. Revista do BNDES, 14(28): 235-276.

Whitehead D, Beadle CL (2004). Physiological regulation of productivity and water use in *Eucalyptus*: a review. Forest Ecology and Management, 193(1/2): 113-140.

Capítulo 5

Accelerated aging, cold, and electrical conductivity tests as parameters to analyze wheat seed vigor

Recebido em: 11/05/2022
Aceito em: 18/05/2022
10.46420/9786581460419cap5

Cristina Batista de Lima[1*]
Júlio César Altizani Júnior[2]
Jean Vitor Coutinho[3]
Victor Matheus Martins[4]

INTRODUCTION

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is the second cereal with the largest production volume in the world, approximately 761 million tons in 2020 (FAO, 2021). In Brazil, to supply the domestic market, it is estimated that in the 2021 harvest alone, 6.4 million tons will be imported, representing over 50 % of demand (Conab, 2021). In addition to the economic point of view, the higher wheat production in Brazil is essential from the agricultural perspective, given its use as a cover crop in the summer (Kelh et al., 2016).

Commercial crops that result in higher yields depend on seed quality and sowing density. However, in the case of wheat, it is a common assumption that problems related to seed physiological quality have a less negative impact on the crop field because tillage can minimize losses caused by crop stand problems (Henning et al., 2019). In fact, crop problems related to seed quality are largely irremediable because increased sowing density may not compensate for the losses caused by underdeveloped plants originating from low vigor seeds, even if the crop stand is adjusted.

The minimum germination percentage required by the Ministry of Agriculture, Livestock, and Supply (MAPA) to market wheat seeds is 80 % (Brasil, 2013). However, the germination percentage is not always verified after seedling emergence, thereby making it essential to complement the information obtained in the germination test with additional vigor tests capable of detecting important differences in lots with similar germination and that meet established standards for marketing (Marcos-Filho, 2020a).

There are several vigor tests to evaluate seed lots, and the efficiency of each test depends on applying the appropriate method according to the species and intended purpose. Some vigor tests are

[1] Prof. Associado da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel - UENP/CLM, Departamento de Produção Vegetal, Bandeirantes, PR, Brasil.
[2] Mestrando da Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - USP/Esalq, Curso de Mestrado em Fitotecnia, Piracicaba, SP, Brasil.
[3, 4] Graduando da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, - UENP/CLM, Curso de Graduação em Agronomia, Bandeirantes, PR, Brasil.
[*] Autor correspondente: crislima@uenp.edu.br

validated by international organizations such as the International Seed Testing Association (ISTA) and the Association of Official Seed Analysts (AOSA), and among them, soybean (accelerated aging test), pea (electrical conductivity test), and maize (cold test) seeds have specific and standardized methods. The difficulty in establishing procedures for a vigor test for seeds of a particular species, according to Marcos-Filho (2020a), occurs because vigor is a complex and unmeasurable characteristic involving factors associated with the performance of seed lots.

The germination test for wheat seeds is standardized and performed under the ideal substrate, temperature, and humidity conditions and provides the maximum germination of the sample analyzed (Brasil, 2009). There are no specific procedures for vigor analysis of wheat seeds; hence, to reduce the possibility of incorrect interpretation of results, it is paramount to consider that the ranking of seed lots may vary depending on the genotype and the characteristic evaluated when selecting a method.

Research aimed at evaluating and/or comparing the efficiency of vigor tests is scarce for wheat seeds; the most recent study was by Ohlson et al. (2010), who studied the accelerated aging test. Given this scenario, this study was performed to compare the efficiency of accelerated aging, cold, and electrical conductivity tests to detect the differences in the physiological quality of wheat seed lots.

MATERIAL AND METHODS

This study was carried out in the Seed Analysis Laboratory of the Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel (UENP-CLM), Bandeirantes, Paraná State. Nine wheat seed lots (category S2) of the cultivars 'Toruk', 'Sossego', and 'Mestre' (three lots of each cultivar) were analyzed. The seeds were obtained without chemical treatment from a seed trading company. All consumables, equipment, and utensils used were previously disinfected, as recommended in the Rules for Seed Analysis (RAS) (Brasil, 2009).

The seeds were analyzed for water content (WC) by the oven method at 105 ± 3 °C for 24 h, with two 5-g samples of seeds from each lot/cv (Brasil, 2009). The results were presented in percentage without statistical analysis because it is a parameter for the initial characterization of the lots.

For the germination test (GE), the seeds were distributed equally on sheets of filter paper previously moistened with distilled water at 2.5 times the mass of dry paper. The rolls were placed in transparent plastic bags and kept in a germination chamber at a constant temperature of 20 °C for eight days with a 16-h photoperiod. Evaluations occurred on the fourth and eighth day after the experiment began by considering the percentage of normal seedlings according to the criteria established by the RAS (Brasil, 2009). The first count of the germination test (FGE) refers to the percentage of normal seedlings on the fourth day after the germination test. Four repetitions with 50 seeds were used for each lot/variety.

Seedling emergence (SE) consisted of one seed/cell being sown 1.0 cm deep in polyethylene trays with 128 cells filled with a commercial substrate (MecPlant®). After sowing, the trays were irrigated and maintained on screened benches and under greenhouse conditions and irrigated daily in the morning and

late afternoon; water was provided until the beginning of the excess was visible through the drainage hole. The percentage of normal seedling emergence was obtained on the eighth day after sowing. Four repetitions with 32 seeds per lot/crop were used.

The accelerated aging (AA) was determined using seed samples from each lot uniformly distributed on metal screens placed over transparent acrylic plastic boxes containing distilled water (40 mL). The covered containers were kept in a germination chamber at 43 °C for 48 h (Ohlson et al., 2010). The seeds were then similarly evaluated by the germination test as described above, and the counting of the percentage of normal seedlings was performed on the fourth day. The samples with fungi at the end of aging were disinfected with a 1 % (v/v) sodium hypochlorite solution before the germination test. Before and after accelerated aging, the water content of the seeds was determined in a similar way as described above, tolerating a maximum initial variation of 3 % between lots (Marcos-Filho, 2020b). Four repetitions with 50 seeds were used for each lot/cv.

For the soil-free cold test (CT), the seeds were distributed equidistantly on two sheets previously moistened with distilled water at 2.5 times the mass of dry paper to prepare the filter paper rolls, which were then placed in transparent plastic bags and kept at a constant temperature (10 ºC) for seven days with a 16-h photoperiod. The plastic bags with the rolls were then transferred to a germinator and kept at a constant temperature of 20 ºC for four days with a 16-h photoperiod (Cicero; Vieira, 2020). Four repetitions with 50 seeds were used for each lot/cv.

The electrical conductivity (EC) test consisted of the mass of the seeds being determined on a 0.0001 (g) precision scale and placed in 200-mL plastic cups containing 75 mL of deionized water. The containers were kept in a germination chamber at a constant temperature of 25 ºC for 24 h (Vieira; Marcos-Filho, 2020). Then, the EC of the solutions was measured with a conductivity meter calibrated with a standard solution at 146.9 μS cm^{-1} (constant K = 1). Before each measurement, the conductivity electrode was cleaned with deionized water. The measurement result of each sample (μS cm^{-1}) was divided by its initial mass (g); therefore, the EC values for each lot were presented in μS cm^{-1} g^{-1} of seed. Four repetitions with 50 seeds were used for each lot/cv.

The experimental design was entirely randomized with four repetitions for each lot/cv/test. The original data obtained in each test were submitted to variance analysis, and the Scott-Knott test grouped the means at 5% ($p < 0,05$). The association degree between results was analyzed by Pearson's correlation coefficient (r). The analyses were performed with the statistical software Sisvar® (Ferreira, 2019).

RESULTS AND DISCUSSION

The initial water content among the lots ranged from 7.3 to 8.3 % (Table 1) and is in accordance with MAPA guidelines, which covers the storage of wheat seeds in Brazil and mandates moisture percentages below 13 % (Brasil, 2011). In the case of seed storage for extended periods, Carvalho and Nakagawa (2012) recommended values between 4 to 8 %, provided they are under favorable

environmental conditions. Nonetheless, excessive water removal during drying may cause irreversible damage because the remaining water in dehydrated tissues (below 7.5 % on a wet basis) has practically no mobility (Marcos-Filho, 2015). In this situation, rehydration after sowing in the field must be performed carefully to avoid damage during soaking, which could lead to lower seedling emergence. For wheat seeds, Eichelberger (2011) suggested that long-term storage should be carried out at 11-13 % because if drying is inadequate, the seeds will be subject to immediate mechanical damage and significant germination reductions.

Table 1. Means of initial water content (WC), water content after accelerated aging (WCA) and first germination count (FGE), germination (GE), seedling emergence (SE), accelerated aging (AA), cold test (CT), and electrical conductivity (CE) tests of wheat seeds. Source: author's own.

Cultivar	Lot	WC	WCA	FGE	GE	SE	CT	AA	EC
		---------- % ----------							$\mu S\ cm^{-1}\ g^{-1}$
	1	7.6	37.7	74.0 a	89.0 a	95,4 a	94.5 a	82.0 b	50.8 a
'Toruk'	2	7.5	37.6	77.0 a	92.0 a	95.3 a	94.5 a	76.5 b	49.2 a
	3	7.3	38.6	76.5 a	94.5 a	96.1 a	94.5 a	89.0 a	52.1 a
CV (%)		---	---	6.4	5.1	2.8	4.4	6.2	7.4
	1	7.7	36.0	67.5 a	96.5 a	96.1 a	95.5 a	70.5 a	33.3 a
'Mestre'	2	8.2	36.7	49.5 b	80.5 b	70.0 b	86.6 b	27.0 b	33.4 a
	3	8.3	36.2	50.0 b	80.0 b	78.9 b	83.0 b	13.5 c	36.7 a
CV (%)		---	---	16.0	7.1	7.3	5.4	18.8	8.1
	1	7.3	36.3	69.5 a	90.0 a	91.4 a	82.5 b	8.5 c	45.8 a
'Sossego'	2	7.4	38.7	70.5 a	94.0 a	92.2 a	87.5 b	45.0 b	43.0 a
	3	7.8	36.0	74.5 a	94.0 a	93.0 a	95.0 a	74.5 a	45.0 a
CV (%)		---	---	12.3	3.2	4.6	4.6	17.6	5.2

Means followed by the same latter in the column within each cultivar do not fifer by the Scott-Knott test at 5% ($p < 0.05$); CV = coefficient of variation.

The FGE and GE tests identified differences between the 'Mestre' seed lots, with Lot 1 having the highest viability; however, the averages of Lots 2 and 3 were greater than or equal to 80 % (Table 1), which is the minimum percentage required for marketing wheat seeds according to MAPA (Brasil, 2013). The FGE can be an indication of the physiological quality of the lot because samples with seeds that germinate quickly (i.e., have a higher normal seedling percentage in the first count of the germination test) are classified as having greater vigor (Carvalho; Nakagawa, 2012; Marcos-Filho, 2015).

In the SE test, the average percentages of emersed seedlings were above 90 % except in Lots 2 and 3 of 'Mestre', in which the percentages were below 80 % (Table 1). The results of the SE, FGE, and GE tests coincided in separating Lots 2 and 3 of this cultivar. The environmental conditions that occurred during the seedling emergence test were appropriate for wheat seed germination; favorable environmental conditions at the time of sowing allow the correspondence between the germination and seedling emergence percentages to be observed (Marcos-Filho, 2020a). Despite no standardized method, the SE

test is useful for obtaining more information and evaluating the real viability of seed lots (Carvalho; Nakagawa, 2012).

Although the results of the CT allowed us to classify the 'Mestre' and 'Sossego' lots in two vigor levels, the average normal seedling percentages of the lower quality lots were above 80 % and, in some cases, exceeded the averages verified in the GE test (Table 1). According to Marcos-Filho (2015), the minimum temperature for wheat seed germination is 4 ºC; RAS guidelines mandate pre-cooling at 5-10 ºC as one of the treatments to overcome wheat seed dormancy (Brasil, 2009). Considering that the seeds remained below 10 ºC in the CT, this temperature may not have been enough to promote adverse effects, which is characteristic of a vigor test that assesses stress resistance. It is worth noting that despite the CT being employed at a large scale to evaluate the vigor of seed lots, its use is exciting when one intends to evaluate the effects of the industrial chemical treatment of seeds (Cicero; Vieira, 2020).

The maximum variation in water content between the lots evaluated after the AA was 2.7 % (Table 1), which supports the results obtained because the AA test is the only one in which there is the possibility of using a criterion that indicates the adequacy of the procedures adopted by comparing the initial and post-AA moisture content, which according to Marcos-Filho (2020b), should not surpass 3.0%. If the variation in the final moisture content between the lots is above the reference value, the test must be redone as the higher the water content of a lot, the greater its sensitivity to elevated temperatures and relative humidity that occur during the test. The AA test results allowed us to identify two vigor levels among the 'Toruk' lots and, in the 'Mestre' and 'Sossego' lots, it was possible to observe three levels (Table 1). Although there is no formal proposal to characterize vigor levels in the interpretation of the results presented herein, Marcos-Filho (2020b) suggested the classification of high vigor for lots with germination above or equal to 85%, medium between 65 and 85%, and low for values below 65%. Thus, Lot 3 of the 'Toruk' cultivar can be classified as high vigor because it obtained a percentage of 89% (Table 1).

Wheat is a winter crop and benefits from temperatures between 18 and 24 ºC, and temperatures above 30 ºC significantly decrease yield and grain quality (Oliveira-Neto; Santos, 2017); hence, it was assumed that the high temperature and humidity conditions imposed by the AA test would significantly reduce the normal seedling percentage in all lots. Nevertheless, it was possible to verify at least one lot with data above 70% in all three cultivars, thus indicating that the better quality lots maintained good germination percentages even after stress. This finding demonstrates that the AA test can be used to estimate the vigor of wheat seeds.

Based on the results of the EC test, it was not possible to identify significant differences between the lots of each cultivar (Table 1). The absence of reference values to classify the vigor of wheat seed lots by the EC test, as occurs with pea (Matthews and Powell, 1981) and soybean (Prado et al., 2019) seeds, makes the interpretation of the results restricted to statistical differences, thereby giving room to incorrect deductions. According to Vieira and Marcos-Filho (2020), lower vigor seeds have higher levels of cell

membrane deterioration during soaking and consequently release higher amounts of solutes. Based on this principle, Lots 2 and 3 of the 'Mestre' cultivar can be classified as high vigor because they had the lowest EC values and did not differ from Lot 1; nevertheless, these lots were identified as lower quality by the FGE, GE, SE, CT and AA tests (Table 1).

The available methods for analyzing the physiological quality of seeds do not describe specific EC test procedures for wheat seeds, making it difficult to precisely explain why the data of this test were discrepant from the others. One plausible explanation may be the structure of the wheat seed and the resistance of its membranes to the oxidative processes inherent to deterioration, causing solute leaching to occur at lower speeds, or that it is not among the first noticeable events. Marcos-Filho (2015) reported that several modalities of cellular alterations take place during seed deterioration, and the models proposed to demonstrate the sequence in which these processes occur briefly and do not necessarily obey a pre-defined and easily identified succession; moreover, the relative importance of each event or its set may vary according to each lot or species. In this context, the indication of the electrical conductivity test to evaluate the vigor of wheat seed lots requires this method to be adapted for these seeds to make it appropriate to obtain safe and reproducible results capable of predicting their actual physiological condition.

When correlating the test results, it is possible to verify a strong and positive (>0.7) correspondence between the SE and FGE and AA and CT tests (Figure 1). The correlations verified between the FGE test with the GE and EC tests as well as the GE test with the SE test, even though they were significant and above 0.65, cannot be considered strong because they were below 0.7 and, therefore, have a lower probability of occurring in the field or storage environments. The correlation analysis should not be the only parameter to estimate the efficiency of vigor tests, and, according to Marcos-Filho (2020a), a significant correlation indicates a tendency of similar variation between two tests. However, this does not mean that there is a corresponding precision in estimating the physiological quality of the lot because the conditions imposed during each test promote different stress levels and reactions on the seeds. In this context, Wendt et al. (2017) reported that the correspondence between the results of different vigor tests increases when comparing tests that use conditions capable of causing similar stress to those that occur when field circumstances are unfavorable. For Marcos-Filho (2020a), the ability to separate lots based on statistical comparison of means has greater efficiency in distinguishing the physiological potential of seed lots compared to correlation analysis, which favors incorrect or incomplete interpretations. Data can correlate positively or negatively only because they present similarities regarding variation trends, which is not enough to evaluate the sensitivity of each test to detect differences between lots.

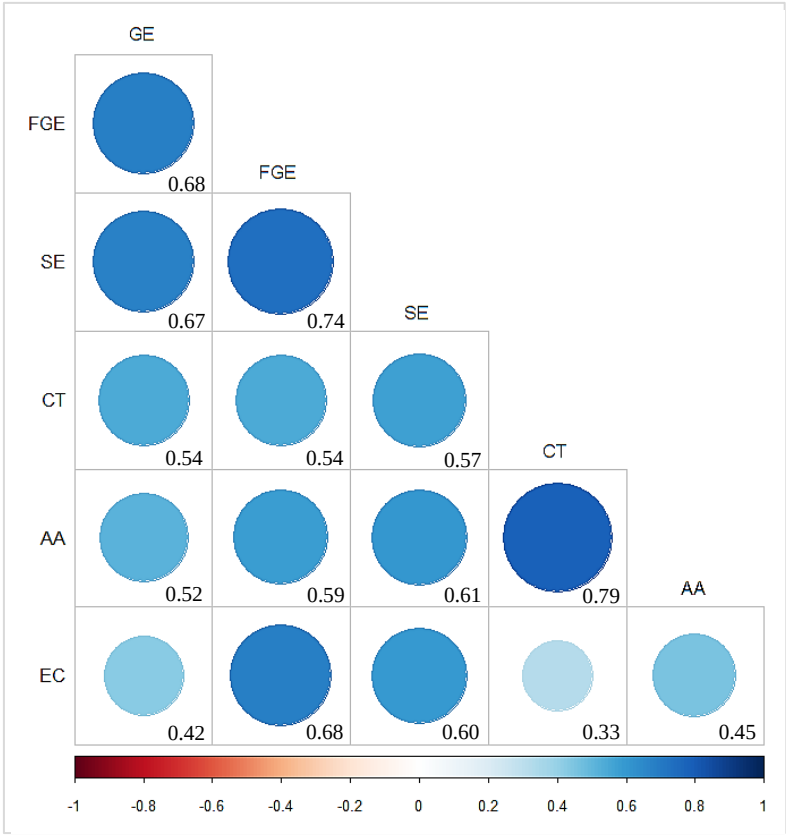


Figure 1. Pearson's correlation coefficient (r) among the tests used to analyze the physiological quality of wheat seed lots of the cultivars 'Toruk', 'Mestre', and 'Sossego'. Ns = not significant at 5%; GE = germination; FGE = first germination count; SE = seedling emergence; CT = cold test; AA = accelerated aging; EC = electrical conductivity. Source: author's own.

The temperatures of the germination (20 ºC), cold (10 ºC), and accelerated aging (41 ºC) tests affected seedling development. To exemplify, images of 'Sossego' seeds were selected (Figure 2), in which the lots did not differ in the GE tests while being classified in three levels of vigor in the AA test (Table 1). When comparing the appearance of the seedlings of Lots 1 and 3 (Figure 2), it is possible to observe that they were visually similar in the germination test in both lots. The Lot 3 seedlings, after the AA test, developed roots and aerial part, while the growth of the roots seems to have been favored over the aerial part in the CT. The seedlings from Lot 1 after the CT were similar to Lot 3 after the AA test. Thus, there is the possibility that the temperature imposed by the CT did not provide enough stress to drastically reduce the percentage of germinated seeds, although it acted directly on seedling quality. Temperature affects the speed of water absorption and biochemical reactions, which determine the germination process and change seedling emergence. According to Taiz et al. (2017), under heat stress, water absorption by the seed decreases, impairing the subsequent growth of the seedling. The ability of a seed to germinate under a wide range of conditions is used as a parameter to estimate the manifestation of its vigor. According to Carvalho and Nakagawa (2012), minimum temperatures reduce germination speed and interfere in emergence uniformity, while under maximum temperatures, only the seeds of greater vigor germinate.

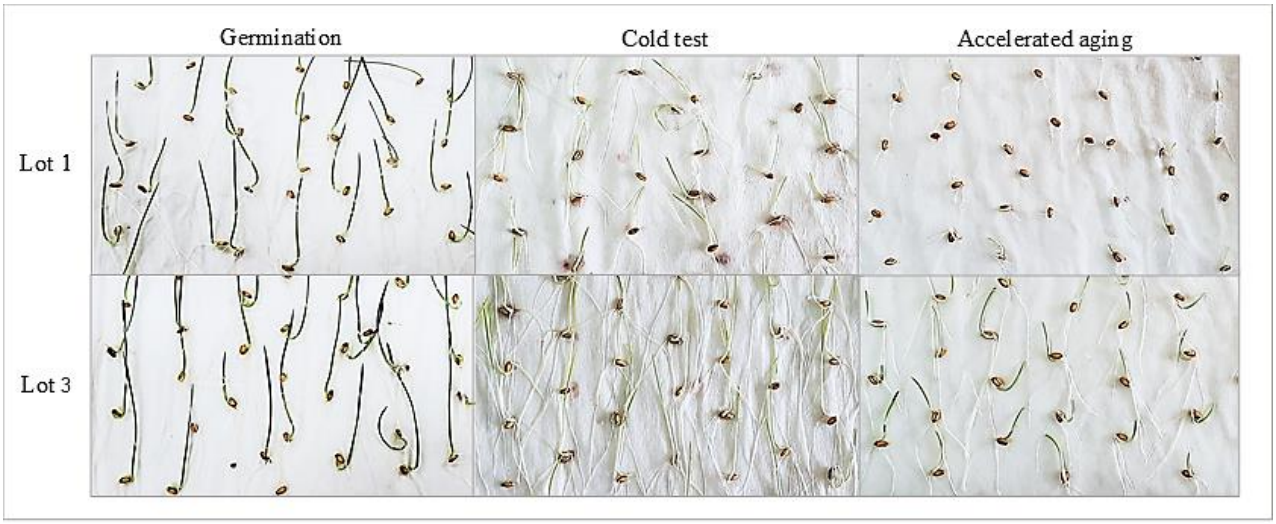


Figure 2. The appearance of lots 1 and 3 of 'Sossego' wheat seeds during the evaluation of the germination, cold, and accelerated aging tests. Source: author's own.

The differences between 'Mestre' lots were identified in all the tests, in the CT and AA tests for the 'Sossego' lots, and only in the AA test for the 'Toruk' lots (Table 1). The AA test was the only one to reveal differences between the lots of all three cultivars without the need to provoke excessive stress because in the lots with better physiological quality, the averages reached percentages above 70 %. This result demonstrates the importance of adopting vigor analysis as a routine for wheat seeds. According to Marcos-Filho (2020a), lots that present high viability (i.e., high germination percentage) may have different performance in other tests depending on stress intensity and vigor level.

The development of new cultivars, soil and climate differences generated by the regions where wheat is grown, and the sowing seasons reinforce the need for further research on the effects of environmental factors on seedling germination, development, and establishment. In fact, Marcos-Filho (2015) reported it is unlikely that a single vigor test can satisfactorily and precisely evaluate the quality of seed lots, which may result in incomplete and/or insufficient data. Given this context, the joint analysis of the results of two or more tests guarantees consistent and reliable information. Notably, the findings of vigor tests only allow comparisons between lots to be made and not predictions about seedling emergence in the field. According to Marcos-Filho (2020a), stress after sowing in the field can be severe enough to drastically reduce seedling emergence, even for lots with high germination percentage and vigor, making it crucial to avoid predictions about seedling emergence solely based on the results of vigor tests. The actual superiority of a seed lot will always depend on the environment after sowing or during storage.

CONCLUSION

The accelerated aging test allowed us to clearly and objectively classify wheat seed lots as to vigor, and its inclusion in the routine of companies that sell wheat seeds is highly recommended. The stress

caused during the cold test acted qualitatively on seedling development, although it did not make it possible to accurately identify differences in vigor among wheat seed lots.

The lack of reference values to help interpret the data of the electrical conductivity test to evaluate the vigor of wheat seed lots makes the classification of the lots highly subjective, making it difficult to obtain reliable and reproducible results capable of predicting the actual physiological conditions of wheat seeds.

ACKNOWLEDGMENTS

To the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES), the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), and Araucária Foundation for granting master and scientific initiation scholarships to the authors.

LITERATURE CITED

Brasil (2009). *Regras para análise de sementes*. Brasília, Brazil: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária. 399p.

Brasil (2011). *Instrução Normativa nº 29, de 8 de junho de 2011*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, Brazil.

Brasil (2013). *Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, Brazil.

Carvalho, N. M., & Nakagawa, J. (2012). *Sementes: ciência, tecnologia e produção* (5a ed). Jaboticabal, Brazil: Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão. 590p.

Cicero, S. M., & Vieira, R. D. (2020). Teste de frio. In F. C. Krzyzanowski, R. D. Vieira, J. B. França-Neto, J. Marcos-Filho. (Eds.). *Vigor de sementes: conceitos e testes* (2a ed). Londrina, Brazil: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes. pp. 277-316.

Conab (2021). *Acompanhamento da Safra Brasileira de Grão. v.8. Safra 2020/21: sétimo levantamento*. Brasília, Brazil: Companhia Nacional de Abastecimento. https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos

Dancey, C., & Reidy, J. (2006). *Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows*. Porto Alegre, Brazil: Artmed Editora. 608p.

Eichelberger, L. (2011). Produção de sementes de trigo. In J. L. F. Pires, L. Vargas, & G. R. Cunha. (Eds.). *Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável*. Passo Fundo, Brazil: Embrapa Trigo. pp. 349-370.

FAO (2021). *Crops and livestock products: cereals*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL

Ferreira, D. F. (2019). Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. Revista Brasileira de Biometria, 37(4): 529-535. DOI: 10.28951/rbb.v37i4.450

Finch-Savage, W. E., & Bassel, G. W. (2016). Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. Journal of Experimental Botany, 67(3): 567-591. DOI: 10.1093/jxb/erv490

Henning, F. A., Abati, J., Foloni, J. S. S., Bassoi, M. C., Brzezinski, C. R., Zucareli, C., França-Neto, J. B., & Krzyzanowski, F. C. (2019). *Vigor de sementes e densidade de semeadura na cultura do trigo em diferentes ambientes de produção do Paraná*. Londrina, Brazil: Embrapa Soja. 32p.

Kelh, K., Kelh, K., Szareski, V. J., Carvalho, I. R., Nardino, M., Demari, G. H., Rosa, T. C., Gutkoski, L. C., Pedó, T., Aumonde, T. Z., Souza, V. Q., Zimmer, P. D., & Meneghello, G. E. (2016). Genotype x environment interaction under industrial and physiological quality of wheat seeds. International Journal of Current Research, 8(9): 38461-38468.

Lima, T. C., Medina, P. F., & Fanan, S. (2006). Avaliação do vigor de sementes de trigo pelo teste de envelhecimento acelerado. Revista Brasileira de Sementes, 28(1): 106-113. DOI: 10.1590/S0101-31222006000100015

Marcos-Filho, J. (2015). *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas* (2a ed). Londrina, Brazil: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes. 660p.

Marcos-Filho, J. (2020a). Testes de vigor: importância e utilização. In F. C. Krzyzanowski, R. D. Vieira, J. B. França-Neto, & J. Marcos-Filho. (Eds.). *Vigor de sementes: conceitos e testes* (2a ed). Londrina, Brazil: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes. pp. 17-77.

Marcos-Filho, J. (2020b). Teste de envelhecimento acelerado. In F. C. Krzyzanowski, R. D. Vieira, J. B. França-Neto, & J. Marcos-Filho. (Eds.). *Vigor de sementes: conceitos e testes* (2a ed). Londrina, Brazil: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes. pp. 185-246.

Matthews, S., & Powell, A. A. (1981). Electrical conductivity test. In D. A. Perry. (Ed.). *Handbook of vigour test methods*. Zurich, Switzerland: International Seed Testing Association. pp. 37-41.

Ohlson, O. C., Krzyzanowski, F. C., Caieiro, J. T., & Panobianco, M. (2010). Teste de envelhecimento acelerado em sementes de trigo. Revista Brasileira de Sementes, 32(4): 118-124. DOI: 10.1590/S0101-31222010000400013

Oliveira-Neto, A. A., & Santos, C. M. R. (2017). *A cultura do trigo*. Brasília, Brazil: Companhia Nacional de Abastecimento. 218p.

Prado, J. P., Krzyzanowski, F. C., Martins, C. C., & Vieira, R. D. (2019). Physiological potential of soybean seeds and its relationship to electrical conductivity. Journal of Seed Science, 41(4): 407-415. DOI: 10.1590/2317-1545v41n4214988

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2017). Fisiologia e desenvolvimento vegetal (6a ed). Porto Alegre, Brazil: Artmed Editora. 858p.

Vieira, R. D., & Marcos-Filho, J. (2020). Teste de condutividade elétrica. In F. C. Krzyzanowski, R. D. Vieira, J. B. França-Neto, & J. Marcos-Filho. (Eds.). *Vigor de sementes: conceitos e testes* (2a ed). Londrina, Brazil: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes. pp. 333-388.

Wendt, L., Malavasi, M. M., Dranski, J. A. L., Malavasi, U. C.; & Gomes-Junior, F. G. (2017). Relação entre testes de vigor com a emergência a campo em sementes de soja. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 12(2): 166-171. DOI: 10.5039/agraria.v12i2a5435

Zhang, K., Zhang, Y., Sun, J., Meng, J., & Tao, J. (2021). Deterioration of orthodox seeds during ageing: Influencing factors, physiological alterations and the role of reactive oxygen species. Plant Physiology and Biochemistry, 158(1): 475-485. DOI: 10.1016/j.plaphy.2020.11.031

Capítulo 6

Germinação de sementes de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção: uma revisão

Recebido em: 27/05/2022
Aceito em: 04/06/2022
10.46420/9786581460419cap6

Raquel Stefanello[1*]
Wagner Jesus da Silva Garcia[1]

INTRODUÇÃO

As sementes guardam em seu interior, o resultado de milhares de anos enfrentando riscos durante a dispersão e as mais variadas ameaças à sobrevivência e ao estabelecimento das plântulas, diante de adversidades naturais do ambiente ou provocadas pela ação de agentes abióticos. Pode-se afirmar que as sementes contêm a experiência genética acumulada no passado e o potencial para perpetuação no futuro, além de protegerem inúmeras espécies da extinção (Marcos Filho, 2015).

No final do século XIX e início do século XX foram publicados na Europa e na América do Norte diversos artigos científicos sob os mais variados aspectos do comportamento das sementes, como a influência do tamanho sobre a germinação e o desenvolvimento de plântulas, a impermeabilidade do tegumento, os efeitos de temperaturas alternadas e de substâncias promotoras e inibidoras da germinação. De acordo com França Neto e Oliveira (1998), no Brasil não foram encontrados registros de pesquisas realizadas sobre sementes durante o século XIX, sendo que o primeiro artigo identificado com este tema data de 1911. No entanto, o surgimento das Regras para Análise de Sementes (RAS), que contêm procedimentos padrão para a realização de vários testes destinados à avaliação da qualidade, bem como o advento do conceito de vigor e a utilização de conhecimentos da biologia molecular, constituíram instrumentos fundamentais para a normatização da produção e do comércio de sementes (Marcos Filho, 2015).

Uma das principais etapas que determinam o sucesso na implantação e manejo de áreas com espécies nativas é a germinação. Conhecer as condições que proporcionem germinação rápida e uniforme das sementes é extremamente útil, pois a sincronização da germinação e o desenvolvimento homogêneo de plântulas aperfeiçoam as atividades de produção e contribuem para o estabelecimento de povoamentos mais uniformes no campo (Pacheco et al., 2006).

Definir o fenômeno da germinação é muito difícil, visto que uma definição deve ser curta e completa, ao passo que a germinação é um fenômeno muito amplo e complexo (Carvalho; Nakagawa,

[1] Universidade Federal de Santa Maria.
[*] Autora correspondente: raquelstefanello@yahoo.com.br

2012). O termo germinação apresenta diferentes conceitos em função do campo de investigação. No critério botânico ou morfológico consideram-se germinadas as sementes em que uma das partes do embrião emergiu de dentro dos envoltórios, acompanhada de algum sinal do metabolismo ativo, como curvatura da radícula (Labouriau, 1983). Por outro lado, o critério agronômico ou tecnológico considera que a germinação começa com a absorção de água pela semente (embebição) e termina com a emergência do eixo embrionário, geralmente a radícula, através das estruturas ao seu redor (Bewley et al., 2012). Contudo, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), a germinação de sementes em teste de laboratório é a emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão para produzir uma planta normal sob condições favoráveis de campo.

Diversos fatores podem influenciar a germinação de uma semente. Dentre eles os fatores internos (intrínsecos) como longevidade, viabilidade, vitalidade, grau de maturidade, dormência, sanidade e genótipo. Também, fatores externos (do ambiente) como água, temperatura, oxigênio, luz, promotores químicos, condições climáticas, fertilidade do solo, adubação, substrato, eficiência do controle de pragas, injúrias mecânicas, secagem, beneficiamento, transporte, armazenamento, entre outros (Carvalho; Nakagawa, 2012; Marcos Filho, 2015).

A água é o fator que exerce a mais determinante influência sobre o processo de germinação. Da absorção de água resulta a reidratação dos tecidos com a consequente intensificação da respiração e de todas as outras atividades metabólicas, que se completam com o fornecimento de energia para a retomada do crescimento por parte do eixo embrionário. Assim, não havendo disponibilidade hídrica suficiente, o processo de germinação pode ser seriamente prejudicado, levando o embrião à morte (Carvalho; Nakagawa, 2012; Marcos Filho, 2015).

A temperatura influencia a germinação tanto por agir sobre a velocidade de absorção de água, como também sobre as reações bioquímicas que determinam todo o processo. A germinação só ocorrerá dentro de limites ou faixas de temperaturas, na qual o processo ocorre com a máxima eficiência, ou seja, obtêm-se o máximo de germinação no menor período de tempo possível. Em relação ao oxigênio, as exigências são usualmente baixas, comparando-se com os níveis com que ele normalmente ocorre na atmosfera. Assim, a não ser em circunstâncias especiais, dificilmente esse elemento se constitui em fator limitante da germinação (Carvalho; Nakagawa, 2012).

Embora a luz não seja apontada como um fator essencial para que o processo de germinação se realize em sementes não-dormentes, a sua presença pode contribuir para atenuar problemas causados pelos efeitos de temperaturas superiores e pelo baixo potencial de água do solo (Marcos Filho, 2015). A luz pode induzir a germinação de sementes, como em algumas gramíneas forrageiras, mas em outras espécies, a sua presença pode inibir a germinação (Brasil, 2009).

O substrato tem a função de fornecer umidade e proporcionar condições adequadas à germinação das sementes e ao posterior desenvolvimento das plântulas (Figliolia et al., 2015). Os substratos podem influenciar o desenvolvimento das mudas por suas características físicas e químicas. Dentre os tipos

destacam-se o papel para germinação (*germitest*), solo, areia, vermiculita, meio de cultura (*in vitro*), entre outros (Brasil, 2009; Pernot et al., 2019; Battisti et al., 2020).

Por fim, destaca-se que a semente é a responsável exclusiva pela garantia da sobrevivência da espécie e a continuidade da sucessão de gerações de plantas de multiplicação sexuada. Além disso, deve garantir o estabelecimento de genes interessantes à humanidade, em meio à competitividade influenciada pelo ambiente (Marcos Filho, 2015).

A extinção de uma espécie ocorre quando seu último indivíduo morre. No entanto, determinar a taxa de ocorrência de uma espécie é um desafio devido ao registro incompleto da distribuição e ocorrência das espécies. Muitas espécies ameaçadas são pouco conhecidas e distribuídas em regiões de difícil acesso ou restritas, tornando difícil determinar sua real ocorrência (Purvis et al., 2000). A extinção é um processo que ocorre naturalmente e suas causas podem ser múltiplas. Os fatores que podem levar uma espécie à extinção podem não impactar outra espécie. Portanto, a avaliação da probabilidade de uma espécie se extinguir ou do grau de ameaça é determinada por vários fatores, sendo difícil determinar a causa de qualquer extinção (Le Roux et al., 2019). A menos que a espécie seja endêmica de um único local cujo habitat foi destruído, a causa de uma extinção costuma ser hipotética. No entanto, distúrbios como alteração ou destruição de habitat (antropogênicos diretos) são os maiores contribuintes para a extinção (Knapp et al., 2020).

De acordo com relatório da Plataforma Intergovernamental de Políticas Científicas sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES - Paris), a natureza está em declínio em um ritmo sem precedentes na história humana, com taxas aceleradas de extinção de espécies e com graves impactos ao redor do mundo. Segundo as pesquisas, destaca que os cinco fatores que mais contribuem globalmente para as mudanças na natureza, que também se aceleraram nos últimos 50 anos são: as mudanças no uso da terra e do mar; a exploração de organismos; as mudanças climáticas; a poluição e as espécies exóticas invasoras (Jacobi et al., 2019).

No Brasil, as espécies ameaçadas de extinção são aquelas com alto risco de desaparecimento na natureza em futuro próximo, assim reconhecidas pelo Ministério do Meio Ambiente, com base em documentação científica disponível (Instrução normativa 06/2008 do Ministério do Meio Ambiente).

A exploração descontrolada dos recursos ameaça a biodiversidade vegetal, a viabilidade de muitas espécies ameaçadas de extinção e as suas interações ecológicas. Nesse contexto, listas de espécies ameaçadas de extinção são criadas para informar as decisões no sentido de limitar a exploração e definir prioridades para a conservação das espécies, e legislar a proteção das espécies ameaçadas (Martinelli; Moraes, 2013). Criada em 1964, a Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza (*International Union for Conservation of Nature's* - IUCN) evoluiu para se tornar a fonte de informação mais abrangente do mundo sobre o *status* de conservação global de espécies animais, fungos e plantas (IUCN, 2021).

A Lista Vermelha da IUCN é um indicador da saúde da biodiversidade mundial. Muito mais do que uma lista de espécies, é uma poderosa ferramenta para informar e catalisar ações para a conservação da biodiversidade e mudança de políticas, fundamentais para proteger os recursos naturais. Fornece informações sobre alcance, tamanho populacional, habitat e ecologia, uso e/ou comércio, ameaças e ações de conservação que ajudarão a informar as decisões de conservação necessárias (IUCN, 2021).

A Lista Vermelha tem a tarefa de avaliar e documentar o risco de extinção de espécies, mas não deve ser vista como uma avaliação completa da biodiversidade do planeta, pois as avaliações de risco de extinção foram concluídas apenas para aproximadamente 28% das espécies descritas (IUCN, 2021). Embora inclua mais de 56.000 espécies de plantas, no entanto, isso ainda representa uma pequena proporção das plantas conhecidas do mundo. Através da "Global Tree Assessment", pesquisas intensivas foram realizadas nos últimos cinco anos para compilar informações de risco de extinção sobre as 58.497 espécies de árvores em todo o mundo. O relatório Estado das Árvores do Mundo apresenta os resultados deste trabalho e constata que 30% das espécies de árvores estão ameaçadas de extinção.

Em complementação, no Brasil a atual Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção foi ampliada pelo Ministério do Meio Ambiente e publicada em 2014 (Brasil, 2014). O Livro Vermelho da Flora Brasileira foi utilizado para apoiar a última lista vermelha e inclui detalhes sobre os critérios para avaliar as ameaças à flora brasileira (Martinelli & Moraes, 2013). A lista vermelha publicada pelo Centro Nacional de Conservação da Flora (CNC Flora) representa o trabalho realizado por especialistas botânicos onde cada uma das espécies está organizada em uma das categorias de risco de extinção, estando também apresentados os critérios utilizados durante a avaliação. As espécies podem ser descritas como: criticamente em perigo (CR), em perigo (EN), vulnerável (VU), quase ameaçada (NT), menos preocupante (LC), dados insuficientes (DD), extinta (EX) e extinta na natureza (EW).

Atualmente, são reconhecidas 50031 espécies para a flora brasileira (nativas, cultivadas e naturalizadas), sendo 4993 de Algas, 35586 de Angiospermas, 1610 de Briófitas, 6322 de Fungos, 116 de Gimnospermas e 1404 de Samambaias e Licófitas (Flora do Brasil, 2020).

De modo inverso ao que acontece com as espécies agrícolas, as informações sobre ecologia, comportamento, propagação e manejo da grande maioria das espécies nativas e, principalmente sobre espécies endêmicas, restritas, raras ou sob algum tipo de ameaça são escassas. A falta de protocolos e até mesmo informações básicas sobre os processos envolvidos na produção de plantas brasileiras ameaçadas de extinção é um dos obstáculos para a propagação dessas espécies. Assim, objetivou-se realizar uma breve revisão de literatura em busca de estudos sobre germinação de sementes de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente levantamento foi realizado através de uma revisão de literatura em busca de estudos sobre a germinação de sementes de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção. Para isso, foram

consideradas as espécies vegetais (somente Angiospermas) listadas no site do Centro Nacional de Conservação da Flora (CNC Flora, http://cncflora.jbrj.gov.br/portal) como ameaçadas (categoria criticamente em perigo - CR, em perigo - EN e vulnerável - VU). As espécies criticamente em perigo (CR) são as que estão enfrentando um risco extremamente elevado de extinção na natureza; em perigo (EN) são as que enfrentam um risco muito elevado de extinção; enquanto as da categoria vulnerável (VU) são as que enfrentam um risco de extinção elevado na natureza.

Para cada espécie foi realizada uma busca bibliográfica avançada no site Periódicos Capes (http://www.periodicos.capes.gov.br), com os seguintes termos de busca: "espécie" (nome científico binomial sem autor) + *and* + radical *germination**. Foram considerados somente artigos e que atendessem aos filtros estabelecidos em qualquer parte do documento, com limitação de até 20 anos de publicação (publicados de 01 de janeiro de 2001 até 30 de junho de 2021). Além disso, foram analisados todos os resultados que se referiam ao termo germinação, não importando se a pesquisa considerou os critérios botânicos ou agronômicos.

Os dados obtidos foram ordenados por famílias e respectivas espécies e consideraram apenas os artigos que utilizaram germinação de sementes em estudos no território brasileiro, sendo excluídos os artigos de revisão. As espécies que além do nome científico possuíam sinônimo (s) e/ou nome atual foram computadas apenas uma vez, considerando o objetivo que era verificar quantas e quais as espécies possuíam ou não estudos sobre o assunto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os critérios estabelecidos nesta pesquisa, a consulta ao banco de dados no Centro Nacional de Conservação da Flora (CNC Flora) resultou em 164 famílias de Angiospermas onde apenas 121 famílias (73,78%) possuíam ao menos uma espécie identificada como ameaçada de extinção (criticamente em perigo, em perigo ou vulnerável) (Figura 1), totalizando 2388 espécies. Um total de 2138 artigos foram recuperados com essa estratégia de busca, mas apenas 249 se encaixaram no escopo da pesquisa, sendo que alguns contemplavam mais de uma espécie e/ou sinônimos.

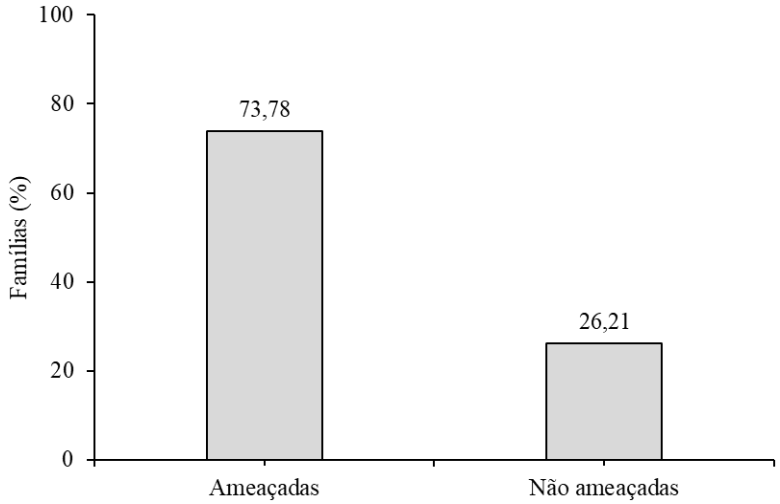


Figura 1. Percentual de famílias de Angiospermas com e sem ameaça de extinção em busca no Centro Nacional de Conservação da Flora (http://cncflora.jbrj.gov.br), considerando as categorias criticamente ameaçada, em perigo e vulnerável. Fonte: os autores.

Das 2388 espécies, apenas 82 (3,43%) possuíam ao menos um estudo sobre germinação de sementes (Figura 2). Dentre as espécies com mais resultados de estudos destacam-se *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae, 30 estudos), *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth. (Fabaceae, 14 estudos), *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae,14 estudos), *Caesalpinia echinata* Lam. (Fabaceae, 13 estudos), *Butia capitata* (Mart.) Becc. (Arecaceae, 12 estudos) e *Melanoxylon brauna* Schott (Fabaceae, 12 estudos). Estas espécies possuem relevante interesse econômico, como ornamentais e, também, são muito utilizadas na indústria madeireira. No entanto, Myrtaceae (81 espécies), Malpighiaceae (75), Apocynaceae (62) e Rubiaceae (56) foram as quatro famílias botânicas (das 93) que não estiveram presentes em nenhum estudo válido recuperado pela pesquisa e que possuíam maior número de espécies ameaçadas de extinção.

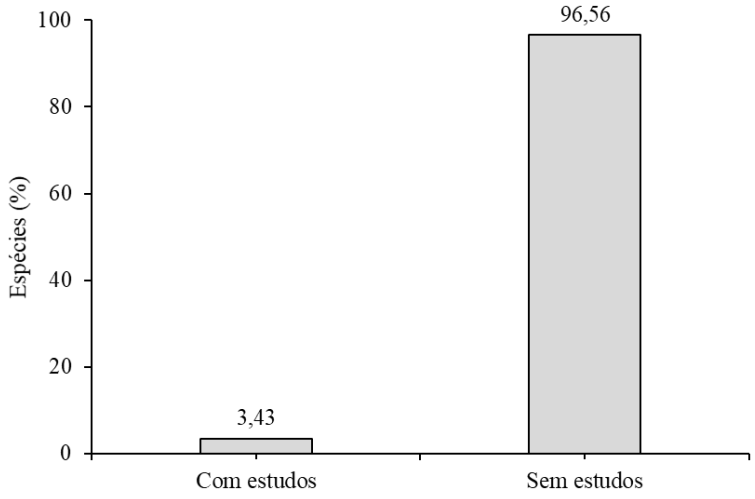


Figura 2. Percentual de espécies de plantas brasileiras ameaçadas de extinção com e sem estudos sobre germinação de sementes, considerando as categorias criticamente ameaçada, em perigo e vulnerável. Fonte: os autores. * A lista completa das espécies sem estudos poderá ser solicitada aos autores a qualquer momento.

Em relação à categoria de ameaça e com estudos sobre germinação de sementes, 6 espécies (7,31%) foram consideradas criticamente em perigo (CR), 35 (42,68%) em perigo (EN) e 41 (50%) vulnerável (VU) (Figura 3).

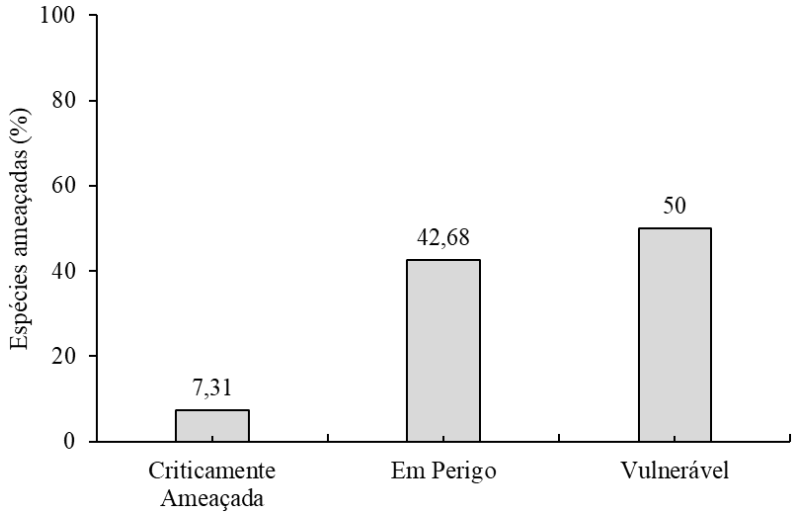


Figura 3. Percentual de espécies de plantas ameaçadas de extinção com estudos brasileiros sobre germinação de sementes de acordo com a categoria de ameaça. Fonte: os autores.

Os referidos trabalhos sobre germinação de sementes reportaram a pesquisas das mais diversas como utilização de diferentes substratos (meio de cultura, papel, solo, areia, vermiculita), com e sem controle de luz, em diferentes ambientes (laboratório, casa de vegetação, estufa, ambiente natural), demonstrando uma diversidade de estudos já existentes sobre o assunto.

Além disso, das 2388 espécies pesquisadas, 2306 (96,56%) não apresentaram nenhum estudo brasileiro sobre germinação de sementes de espécies ameaçadas de extinção (Figura 2). Diversos fatores podem ser atribuídos para justificar essa carência, a considerar: menor importância para estudos com espécies ameaçadas; maior valorização de pesquisas com sementes de espécies cultivadas e de maior interesse econômico como soja, milho, trigo; não entendimento das causas da baixa germinação desestimulando a continuidade das pesquisas; baixa produção de sementes pela espécie; falta de conhecimento dos métodos para superação de dormência nestas espécies; demora no tempo de germinação e necessidade de resultados rápidos para publicação; dificuldade em coletar as sementes (uma vez que são ameaçadas, baixo número, menor ocorrência); número insuficiente de sementes dificultando a realização de testes com amostras representativas e com resultados confiáveis; inviabilidade das sementes; falta de todas as condições necessárias para a condução de trabalhos de investigação das sementes; pouco conhecimento da espécie, gênero e família; tamanho das sementes (muito grande ou muito pequena); outras formas de reprodução (como estacas, estolões) em vez de sementes; introdução de gado (pastoreio) consumindo ou danificando flores, frutos e sementes; desmatamento; mudanças climáticas; extermínio de polinizadores afetando a polinização e o desenvolvimento dos frutos e sementes; introdução de espécies exóticas invasoras; interferência humana no ambiente, entre outros.

Após a dispersão das sementes, a germinação é um dos primeiros processos ecológicos que determinam a ocorrência de uma espécie em uma comunidade vegetal. Para recrutar um novo indivíduo para uma população, um conjunto de condições ambientais específicas é necessário para a germinação das sementes no local onde são dispersas (Donohue et al., 2010). No entanto, as espécies possuem diferentes requisitos ambientais para efetuar a germinação (Baskin; Baskin, 2014) e, consequentemente, têm diferentes nichos de germinação.

A perda de habitat é o principal fator para a alta taxa atual de extinção de espécies, particularmente em florestas tropicais (Pessoa et al., 2016). A fragmentação do habitat altera os padrões de distribuição genética aleatória dentro e entre as populações e muda os padrões de pólen e dispersão de sementes (Ghanzoul, 2005). Também, pode diminuir a aptidão reprodutiva, a resistência a doenças e a adaptação da população a novos ambientes, aumentando a suscetibilidade à extinção local (Fahrig, 2003). Como consequência, há uma diminuição no tamanho da população de espécies de plantas especializadas levando a um maior risco de extinção (Leimu-Brown et al., 2006).

A colonização de espécies dentro de um local é amplamente controlada por dois fatores que limitam o recrutamento de mudas, incluindo o número de sementes que atingem o local e o estabelecimento de mudas com base na disponibilidade de locais adequados para regeneração (Coulson et al., 2001). Fatores bióticos como a competição interespecífica, principalmente com espécies de gramíneas, ou os efeitos da serapilheira (interação mecânica, alteração das condições de umidade e luz) podem ser responsáveis pela falta de disponibilidade de locais para regeneração, reduzindo a sobrevivência das mudas (Edwards et al., 2007).

Por outro lado, as mudanças climáticas também podem afetar diretamente as espécies nativas, em alguns casos reduzindo sua aptidão, abundância e competitividade contra invasores, aumentando assim a vulnerabilidade dos ecossistemas à invasão (Sorte et al., 2013; Menezes-Silva et al., 2019). As mudanças climáticas representam uma das principais ameaças à biodiversidade e aos serviços ecossistêmicos associados, especialmente para regiões tropicais onde a maior parte da biodiversidade está concentrada (Zwiener et al., 2017).

A interação do clima e das mudanças no uso da terra leva a efeitos sinérgicos que são fatores que interagem e aumentam o risco de extinção de uma espécie e conduzem ao declínio da biodiversidade (He et al., 2019). Como as mudanças climáticas rápidas podem dificultar as respostas adaptativas em muitas espécies, a dispersão é muitas vezes o único mecanismo de prevenção da extinção (Garcia et al., 2014). No entanto, a capacidade de dispersão das espécies em resposta às mudanças climáticas pode ser comprometida pela perda e fragmentação do habitat, o que impõe barreiras para muitas espécies (He et al., 2019; Sales et al., 2019). Entre as plantas, espécies com sementes dispersas abioticamente que estabelecem populações viáveis atingindo a maturidade reprodutiva em um tempo relativamente curto (Di Musciano et al., 2020), podem ser capazes de persistir em face à atual perda e fragmentação de habitat. Por outro lado, espécies com grandes frutos e sementes zoocóricas apresentam taxas de dispersão mais

lentas, são menos propensas a lidar com as mudanças ambientais e, consequentemente, estão mais sujeitas à extinção (Cramer et al., 2007; Costa et al., 2012).

Mesmo que os herbívoros possam ajudar na dispersão de espécies de plantas por zoocoria (García-Fernández et al., 2019), reduções no tamanho efetivo da população pelo consumo de indivíduos (seja matando ou danificando) e consumo de flores e frutos podem resultar em menos indivíduos reprodutores contribuindo para a próxima geração. Esse processo pode levar à redução do *pool* gênico da espécie e à restrição do fluxo gênico, destruindo a diversidade genética e aumentando a divergência entre as populações (Leimu-Brown et al., 2006; Lanfear et al., 2014).

No entanto, a presença de animais (como gado, por exemplo) também pode afetar indiretamente os dispersores nativos (como pássaros e roedores), prejudicando sua interação com espécies de plantas (Tadey, 2019). Além disso, a dispersão do pólen também pode ser indiretamente afetada pelo pastoreio do gado. Alguns estudos mostram que o pastoreio por grandes herbívoros reduziu a cobertura vegetal, a riqueza, a reprodução, a germinação e até a diversidade genética de arbustos dominantes (Cerda et al., 2012; Souto; Tadey, 2018).

De uma perspectiva ecológica, um número limitado de parceiros (plantas com flores) pode afetar a atração da polinização e sua busca por alimento. Quando as plantas atraentes estão distantes umas das outras, os polinizadores tendem a ficar mais tempo dentro de uma única planta (Tadey, 2015). Esses comportamentos restringem o fluxo de pólen e aumentam a autopolinização, reduzindo a qualidade do pólen (Labouche et al., 2017). Estes últimos processos podem resultar em um menor sucesso de reprodução pela redução do conjunto de frutos e sementes, taxas de germinação e/ou maior aborto de sementes e mortalidade de plântulas (González-Varo et al., 2012; Abrahamsson et al., 2013). Essas repercussões negativas de grandes herbívoros exóticos na aptidão das plantas podem reduzir os bancos de sementes e a dispersão de sementes, comprometendo a revegetação natural e agravando as perdas de diversidade genética ao longo das gerações (Pol et al., 2014; Tadey; Souto, 2016).

Além disso, as invasões biológicas também consistem em ameaças à biodiversidade (Bellard et al., 2016). Espécies invasoras podem levar a enormes perdas ecológicas e econômicas, que geralmente se tornam cada vez mais difíceis e caras de reparar (Pimentel et al., 2005). As plantas invasoras podem atuar como vetores de doenças, causar a extinção de espécies nativas, alterar os processos do ecossistema e reduzir o valor da terra e da água para as atividades humanas (McNeely et al., 2001). Em condições competitivas, espécies invasoras que germinam mais cedo podem ter vantagens na sobrevivência e no crescimento, por meio da ocupação do espaço e maior acesso aos recursos, o que pode aumentar a probabilidade de estabelecimento bem-sucedido (Guido et al., 2017).

Por fim, o aumento da pressão humana sobre os recursos do planeta levou à extensa perda e degradação dos habitats naturais, aumentando o risco geral de extinção das espécies. Isso levou ao consenso de que as áreas protegidas são uma estratégia essencial para manter a biodiversidade e os serviços ecológicos que ela fornece (Pimm et al., 2014). Os impactos humanos se estendem além dos

fatores climáticos, portanto os impactos prejudiciais estimados sobre a biodiversidade são possivelmente conservadores e podem atuar em combinação com outros impactos antrópicos, provavelmente levando a um cenário ainda pior de perda expressiva de biodiversidade (Hidasi-Neto et al., 2019; Prieto-Torres et al., 2020).

Muitos fatores são previstos para aumentar as taxas de extinções futuras de plantas raras, incluindo mudança climática e mudança acelerada do uso da terra resultante do crescimento da população humana (Enquist et al., 2019). Com maior esforço na conservação *ex situ* e *in situ* de plantas raras, especialmente endêmicas de um único local, muitas extinções futuras podem ser evitadas. O conhecimento dos padrões de distribuição dos genótipos na paisagem é de extrema importância para a conservação dos recursos naturais, pois auxilia na definição de estratégias de conservação *in situ* para espécies ameaçadas de extinção (Melo et al., 2014). Além disso, a conservação *ex situ* de plantas pode ser usada para evitar a extinção completa de espécies muito raras (Dalrymple; Abeli, 2019). No entanto, embora a coleta e armazenamento de sementes seja uma estratégia bastante prática e eficaz para a preservação imediata do germoplasma vegetal, esta é uma tarefa árdua que envolve o conhecimento de vários aspectos das sementes que estão sendo geradas recentemente em espécies (Romero-Saritama, 2018).

Considerando que a garantia da sobrevivência da espécie constitui a razão fundamental para a existência de sementes (Marcos Filho, 2015) e, como as plantas servem de base para a maioria dos ecossistemas terrestres, documentar as extinções de plantas é uma necessidade urgente (Knapp et al., 2020). Assim, sem pretensão de esgotar a investigação que se faz necessária, os dados aqui apresentados, embora não sejam exaustivos e passíveis de alterações com modificações nos critérios de busca ou banco de dados, expõem a carência geral de estudos sobre germinação de sementes de espécies de plantas ameaçadas de extinção no Brasil que possam contribuir para o entendimento do estado de conservação das populações naturais.

CONCLUSÃO

Há uma clara carência de estudos brasileiros sobre a germinação de sementes de espécies da flora ameaçadas de extinção que poderiam auxiliar com dados para sua recuperação e conservação populacional. Considerando os elevados níveis de perda de biodiversidade no país, é urgente investir no conhecimento da biologia das espécies vegetais ameaçadas, especialmente aquelas sem uso comercial imediato, que são as mais negligenciadas no que diz respeito aos estudos sobre germinação de sementes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abrahamsson, S., Ahlinder, J., Waldmann, P. & García-Gil, M. R. (2013). Maternal heterozygosity and progeny fitness association in an inbred scots pine population. Genetic, 141(1-3), 41-50. doi: 10.1007/s10709-013-9704-y

Baskin, C. C. & Baskin, J. M. (2014). Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination. (2 ed). Academic Press, San Diego. doi: 10.1016/B978-0-12-080260-9.X5000-3

Battisti, C., Dodaro, G. & Fanelli, G. (2020). Polystyrene seedling trays used as substrate by native plants. Environmental Science and Pollution Research, 27, 6690-6694. doi: 10.1007/s11356-019-07086-7

Bellard, C., Cassey, P. & Blackburn, T. M. (2016). Alien species as a driver of recent extinctions. Biology Letters, 12, 20150623. doi: 10.1098/rsbl.2015.0623

Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W. M. & Nonogaki, H. (2012). Germination Seeds, New York, USA: Springer.

BRASIL (2008). Instrução Normativa MMA nº 6 de 23/09/2008. Recuperado em 10 de setembro de 2021, de https://www.normasbrasil.com.br/norma/instrucao-normativa-6-2008_77052.html

BRASIL (2009). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA/ACS. 399p.

BRASIL (2014). Portaria N° 443, de 17 de dezembro de 2014. Diário Oficial Da União, 245, 110-121.

Carvalho, N. M. & Nakagawa, J. (2012). Sementes: ciência, tecnologia e produção. (5 ed). Jaboticabal: Funep.

Cerda, N. V., Tadey, M., Farji-Brener, A. G. & Navarro, M. C. (2012). Effects of leaf-cutting ant refuse on native plant performance under two levels of grazing intensity in the Monte Desert of Argentina. Applied Vegetation Science, 15(4), 479-487. doi: 10.1111/j.1654-109X.2012.01188.x

Costa, J. B. P., Melo, F. P. L., Santos, B. A. & Tabarelli, M. (2012). Reduced availability of large seeds constrains Atlantic forest regeneration. Acta Oecologica, 39, 61-66. doi: 10.1016/j.actao.2011.12.002

Coulson, S. J., Bullock, J. M., Stevenson, M. J. & Pywell, R. F. (2001). Colonization of grassland by sown species: Dispersal versus microsite limitation in responses to management. Journal of Applied Ecology, 38, 204-216. doi: 10.1046/j.1365-2664.2001.00585.x

Cramer, J. M., Mesquita, R. C. G. & Williamson, G. B. (2007). Forest fragmentation differentially affects seed dispersal of large and small-seeded tropical trees. Biological Conservation, 137,(3), 415-423. doi: 10.1016/j.biocon.2007.02.019

Dalrymple, S. E. & Abeli, T. (2019). Ex situ seed banks and the IUCN Red List. Nature Plants, 5(2), 122-123. doi: 10.1038/s41477-019-0366-3

Di Musciano, M., Di Cecco, V., Bartolucci, F., Conti, F., Frattaroli, A. R. & Di Martino, L. (2020). Dispersal ability of threatened species affects future distributions. Plant Ecology, 4, 265-281. doi: 10.1007/s11258-020-01009-0

Donohue, K., de Casas, R. R., Burghardt, L., Kovach, K. & Willis, C. G. (2010). Germination, post germination adaptation, and species ecological ranges. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 41, 293-319. doi: 10.1146/annurev-ecolsys-102209-144715

Edwards, A. R., Mortimer, S. R., Lawson, C. S., Westbury, D. B., Harris, S. J., Woodcock, B. A. & Brown, V. K. (2007). Hay strewing, brush harvesting of seed and soil disturbance as tools for the enhancement of botanical diversity in grasslands. Biological Conservation, 134(3), 372-382. doi: 10.1016/j.biocon.2006.08.025

Enquist, B. J., Feng, X., Maitner, B., Newman, E. A., Jørgensen, P. M., et al. & Mcgill, B. J. (2019). The commonness of rarity: Global and future distribution of rarity across land plants. Science Advances, 5(11), eaaz0414. doi: 10.1126/sciadv.aaz0414

Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 34, 87-515. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419

Figliolia, M. B.; Oliveira, E. C. & Pinã-Rodrigues, F. C. M. (2015). Análise de sementes. In: Aguiar, I. B.; Pinã-Rodrigues, F. C. M. & Figliolia, M. B. (Orgs.). *Sementes florestais tropicais*. Brasília: ABRATES.

Flora do Brasil (2020). Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: http://floradobrasil.jbrj.gov.br/.

França Neto, J. B. & Oliveira, M. J. (1998). Seed technology research in Brazil: evolution and perspective. Scientia Agricola, 55, 8-18. doi: 10.1590/S0103-90161998000500003

Garcia, R. A., Cabeza, M., Rahbek, C. & Araújo, M. B. (2014). Multiple dimensions of climate change and their implications for biodiversity. Science, 344(6183), 1247579. doi: 10.1126/science.1247579

García-Fernández, A., Manzano, P., Seoane, J., Azcárate, F. M., Iriondo, J. M. & Peco, B. (2019). Herbivore corridors sustain genetic footprint in plant populations: a case for Spanish drove roads. PeerJ, 7, e7311. doi: 10.7717/peerj.7311

Ghanzoul, J. (2005). Pollen and seed dispersal among dispersed plants. Biological Reviews, 80(3), 413-43. doi: 10.1017/s1464793105006731

Global Tree Assessment (2022). Conservation assessments for all the world's tree species. Disponível em: https://globaltreeassessment.org/.

González-Varo, J. P., Aparicio, A., Lavergne, S., Arroyo, J. & Albaladejo, R. G. (2012). Contrasting heterozygosity-fitness correlations between populations of a self-compatible shrub in a fragmented landscape. Genetica, 140, 31-38. doi: 10.1007/s10709-012-9655-8

Guido, A., Hoss, D. & Pillar, V. D. (2017). Exploring seed to seed effects for understanding invasive species success. Perspectives in Ecology and Conservation, 15, 234-238. doi: 10.1016/j.pecon.2017.07.006

He, X., Liang, J., Zeng, G., Yuan, Y. & Li, X. (2019). The effects of interaction between climate change and land-use/cover change on biodiversity-related ecosystem services. Global Challenges, 3(9), 1800095. doi: 10.1002/gch2.201800095

Hidasi-Neto, J., Joner, D. C., Resende, F., Monteiro, L. M., Faleiro, F. V., Loyola, R. D. & Cianciaruso, M. V. (2019). Climate change will drive mammal species loss and biotic homogenization in the

Cerrado Biodiversity Hotspot. Perspectives in Ecology and Conservation, 17(2), 57-63. doi: 10.1016/j.pecon.2019.02.001

International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2017). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-2. Disponível em: www.iucnredlist.org.

International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2021). What is The IUCN Red List? Disponível em: https://www.iucnredlist.org/.

Jacobi, P. R., Lauda-Rodriguez, Z. L. & Milz, B. (2019). Natureza em declínio: a advertência do relatório IPBES sobre extinção de espécies. Ambiente & Sociedade, 22, e00003. doi: 10.1590/1809-4422asoceditorialvu2019l2

Knapp, W. M., Frances, A., Noss, R., Naczi, R., Weakley, A. S. et al. & Gluesenkamp, D. (2020). Vascular plant extinction in the continental United States and Canada. Conservation Biology, 35(1). doi: 10.1111/cobi.13621

Labouche, A. M., Richards, S. A. & Pannell, J. R. (2017). Effects of pollination intensity on off spring number and quality in a wind-pollinated herb. Journal of Ecology, 105(1), 197-208. doi: 10.1111/1365-2745.12659

Labouriau, L. G. (1983). A germinação das sementes. Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos.

Lanfear, R., Kokko, H. & Eyre-Walker, A. (2014). Population size and the rate of evolution. Trends in Ecology & Evolution, 29(1), 33-41. doi: 10.1016/j.tree.2013.09.009

Le Roux, J. J., Hui, C., Castillo, M. L., Iriondo, J. M., Keet, J. H., Khapugin, A. A., Médail, F., Rejmánek, M., Theron, G., Yannelli, F. A. & Hirsch, H. (2019). Recent anthropogenic plant extinctions differ in biodiversity hotspots and coldspots. Current Biology, 29, 2912-2918. doi: 10.1016/j.cub.2019.07.063

Leimu-Brown, R., Mutikainen, P., Koricheva, J. & Fischer, M. (2006). How general are positive relationships between plant population size, fitness and genetic variation? Journal of Ecology, 94(5), 942-952. doi: 10.1111/j.1365-2745.2006.01150.x

Marcos Filho, J. (2015). Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. (2 ed). Londrina: ABRATES.

Martinelli, G., & Moraes, M. A. (2013). Livro vermelho da flora do Brasil (1 ed). Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

McGeoch, M. A., Genovesi, P., Bellingham, P. J., Costello, M. J., McGrannachan, C. & Sheppard, A. (2016). Prioritizing species, pathways, and sites to achieve conservation targets for biological invasion. Biological Invasions, 18, 299-314. doi: 10.1007/s10530-015-1013-1

Melo, A. T. O, Coelho, A. S. G., Pereira, M. P., Blanco, A. J. B., & Franceschinelli, E. V. (2014). High genetic diversity and strong spatial genetic structure in *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. (Meliaceae): implications to Brazilian Atlantic Forest tree conservation. Natureza & Conservação, 12(2), 129-133. doi: 10.1016/j.ncon.2014.08.001

Menezes-Silva, P. E., Loram-Lourenco, L., Alves, R. D. F. B., Sousa, L. F., Almeida, S. E. D. & Farnese, F. S. (2019). Different ways to die in a changing world: consequences of climate change for tree species performance and survival through and ecophysiological perspective. Ecology and Evolution, 9, 11979-11999. doi: 10.1002/ece3.5663

Pacheco, M. V., Matos, V. P., Ferreira, R. L. C., Feliciano, A. L. P. & Pinto, K. M. S. (2006). Efeito de temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Anacardiaceae). Revista Árvore, 30(3), 359-367. doi: 10.1590/S0100-67622006000300006

Pernot, C., Thiffault, N. & Desrochers, A. (2019). Influence of root system characteristics on black spruce seedling responses to limiting conditions. Plants, 8(3), 70. doi: 10.3390/plants8030070

Pessoa, M. S., Rocha-Santos, L., Talora, D. C., Faria, D., Mariano-Neto, E., Hambuckers, A. & Cazetta, E. (2016). Fruit biomass availability along a forest cover gradiente. Biotropica, 49(1). doi: 10.1111/btp.12359

Pimentel, D., Zuniga, R. & Morrison, D. (2005). Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. Ecological Economics, 52(3), 273-288. doi: 10.1016/j.ecolecon.2004.10.002

Pimm, S. L., Jenkins, C. N., Abell, R., Brooks, T. M., Gittleman, J. L., Joppa, L. N., Raven, P. H., Roberts, C. M. & Sexton, J. O. (2014). The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. Science, 344(6187), 1246752. doi: 10.1126/science.1246752

Pol, R. G., Sagario, M. C. & Marone, L. (2014). Grazing impact on desert plants and soil seed banks: implications for seed-eating animals. Acta Oecologica, 55, 58-65. doi: 10.1016/j.actao.2013.11.009

Prieto-Torres, D. A., Lira-Noriega, A. & Navarro-Sigüenza, A. G. (2020). Climate change promotes species loss and uneven modification of richness patterns in the avifauna associated to Neotropical seasonally dry forests. Perspectives in Ecology and Conservation, 18(1), 19-30. doi: 10.1016/j.pecon.2020.01.002

Purvis, A., Jones, K. E. & Mace, G. M. (2000). Extinction. BioEssays, 22(12), 1123-1133. doi: 10.1002/1521-1878(200012)22:12<1123:AID-BIES10>3.0.CO;2-C

Romero-Saritama, J. M. (2018). Conservación de semillas: Una alternativa inmediata para almacenar germoplasma forestal y recuperar los bosques secos amenazados del Ecuador. Neotropical Biology and Conservation, 13(1), 74-85. doi: 10.4013/NBC.2018.131.09

Sales, L. P., Ribeiro, B. R., Pires, M. M., Chapman, C. A. & Loyola, R. (2019). Recalculating groute: dispersal constraints will drive the redistribution of Amazon primates in the Anthropocene. Ecography, 42, 1789-1801. doi: 10.1111/ecog.04499

Sorte, C. J. B., Ibáñez, I., Blumenthal, D. M., Molinari, N. A., Miller, L. P., Grosholz, E. D., Diez, J. M., D'Antonio, C. M., Olden, J. D., Jones, S. J. & Dukes, J. S. (2013). Poised toprosper? A cross-system comparison of climate change effects on native and non-native species performance. Ecology Letters, 16, 261-270. doi: 10.1111/ele.12017

Souto, C. P. & Tadey, M. (2018). Livestock effects on genetic variation of creosote bushes in Patagonian rangelands. Environmental Conservation, 46, 59-66. doi: 10.1017/S0376892918000280

Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. (2019). Disponível em: <https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/spm_unedited_advance_for_posting_htn.pdf>

Tadey, M. & Souto, C.P. (2016). Unexpectedly, intensive livestock grazing in arid rangelands strengthens the seedling vigor of consumed plants. Agronomy for Sustainable Development, 36(63), 1-7. doi: 10.1007/s13593-016-0400-z

Tadey, M. (2015). Indirect effects of grazing intensity on pollinators and floral visitation. Ecological Entomology, 40, 451-460. doi: 10.1111/een.12209

Tadey, M. (2019). Should I stay or should I go? Indirect effects of livestock on birdnest-site selection in arid environments. The Rangeland Journal, 41(2), 147-155. doi: 10.1071/RJ18067

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M. & Murphy, A. (2017). Fisiologia e desenvolvimento vegetal. (6 ed). Porto Alegre: Artmed.

Zwiener, V. P., Padial, A. A., Marques, M. C., Faleiro, F. V., Loyola, R. & Peterson, A. T. (2017). Planning for conservation and restoration under climate and land usechange in the Brazilian Atlantic Forest. Diversity and Distributions, 23(8), 955-966. doi: 10.1111/ddi.12588

Capítulo 7

Desempenho agronômico de híbridos de milho em segunda safra no Mato Grosso do Sul

Recebido em: 30/05/2022
Aceito em: 04/06/2022
10.46420/9786581460419cap7

Hermano José Ribeiro Henriques[1]
Jorge Wilson Cortez[2*]
Dário Alexandre Schwambach[3]
Lucas Oliveira Donaire[4]

INTRODUÇÃO

Considerado como um dos cereais mais importantes do mundo, o milho, se estabelece como parâmetro de segurança alimentar (Contini et al., 2019). Este fato é formalizado pelo ranqueamento mundial produtivo, liderado pelos Estados Unidos com 347.000.000,00 toneladas, seguido pela China com 254.000.000,00 de toneladas, ficando em terceira posição o Brasil com 101.000.000,00 de toneladas (Conab, 2019).

A cadeia produtiva nacional se divide em duas distintas fases, sendo liderada pelo milho de inverno, ficando com uma menor parcela o milho de verão. Neste contexto, o mercado nacional se posiciona como um consumidor moderado deste cereal, sendo o maior volume direcionado a exportação (Caldarelli et al., 2012).

A adequação de híbridos de milho a uma região é de fundamental importância, visando principalmente características como a densidade e a distribuição de sementes na semeadura, que se relacionam com a produtividade. Estas características são desejadas a um híbrido, pois mantem em uma determinada região atributos agronômicos desejados (Tokatlidis, 2017).

Na busca da seleção de híbridos de milho com desempenho adequado a campo, é de fundamental importância a análise conjunta dos dados, em um mesmo local e em uma mesma época. Índices de seleção é uma opção quando se pretende selecionar híbridos com base em várias características agronômicas (Cruz et al., 2013). Para a seleção de híbridos de milho a campo, além das características agronômicas de interesse como: diâmetro do colmo, altura de inserção de espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, comprimento de espiga e produtividade de grãos; é também de fundamental

[1] Eng. Agr. Doutor, Egresso do Doutorado da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Rodovia Dourados-Itahum km 12, Cidade Universitária, Dourados/MS, Brasil.
[2] Eng. Agr. Doutor, Professor, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Rodovia Dourados-Itahum km 12, Cidade Universitária, Dourados/MS, Brasil.
[3] Eng. Agr. Mestre, Egresso do Mestrado da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Rodovia Dourados-Itahum km 12, Cidade Universitária, Dourados/MS, Brasil.
[4] Eng. Agrícola, Mestre, Egresso do Mestrado da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Rodovia Dourados-Itahum km 12, Cidade Universitária, Dourados/MS, Brasil.
* Autor correspondente: jorgecortez@ufgd.edu.br

importância a avaliação das características comerciais dos híbridos avaliados, como a arquitetura de planta, e população recomendada de acordo com a época de semeadura (Cerpa et al., 2017).

Portanto, objetivou-se avaliar o desempenho agronômico de híbridos de milho conduzidos em segunda safra, por meio da avaliação dos dados de distribuição de semeadura, características biométricas de plantas e técnicas multivariadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área comercial situada no município de Aral Moreira – MS, estando localizado nas coordenadas 22°43'S e 55°25'O. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico segundo Santos et al. (2018), possuindo textura argilosa, sendo o relevo considerado plano com altitude média de 533 m acima do nível do mar. A análise de fertilidade e granulometria do solo indicaram: 5,52 de pH ($CaCl_2$), 35,30 de matéria orgânica (MO) mg.dm^{-3}, 13,88 de fósforo (P) mg.dm^{-3}, 34,89 de potássio (K) mg.dm^{-3}, 5,70 de cálcio (Ca) mg.dm^{-3}, 1,17 de magnésio (Mg) mg.dm^{-3}, 0,0 de alumínio (Al) mg.dm^{-3}, 2,60 de hidrogênio mais alumínio (A+Al), 6,95 de soma de bases (SB), 6,95 de capacidade de troca catiônica (CTC), 72,84 de saturação por bases (V%), 34,27% de areia, 46,70% de argila e 19,02% de silte

O clima da região é do tipo CWa segundo a classificação de Köppen & Geiger (1936), caracterizado como clima temperado húmido com inverno seco e verão quente. Os dados climatológicos foram extraídos do Centro de Monitoramento do Tempo e do Clima de Mato Grosso do Sul (CENTEC) Figura 1.

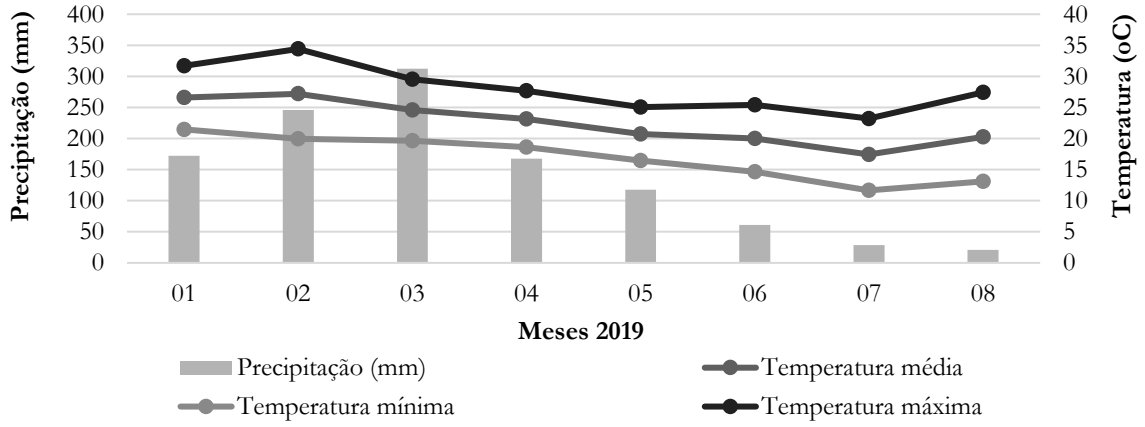


Figura 1. Dados médios de precipitação e temperatura. Fonte: CENTEC.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 20 tratamentos e cinco repetições, cada parcela foi compota por duas linhas centrais com extensão de três metros. Fez-se uso apenas de híbridos de milho simples (Tabela 1), sendo estes C-1, C-2, C-3, C-4, C-5, C-6, C-7, C-8, C-9, C-10, C-11, C-12, C-13, C-14, C-15, C-16, C-17, C-18, C-19 e C-20.

Tabela 1. Características comerciais dos híbridos de milho. Fonte: adaptado de catálogos comerciais.

HIBRIDOS	ALT	AIE	TG	CG	P1000	CICLO	ARQ
C-1	230	115	Duro	Alaranjado	334	Superprecoce	Semiereta
C-2	230	115	Semiduro	Amarelo	335	Superprecoce	Semiereta
C-3	220	110	Semiduro	Alaranjado	322	Superprecoce	Ereta
C-4	220	115	Semiduro	Amarelo	418	Precoce	Semiereta
C-5	219	115	Semiduro	Alaranjado	365	Superprecoce	Semiereta
C-6	240	120	Semiduro	Alaranjado	332	Superprecoce	Ereta
C-7	215	167	Semiduro	Amarelo	372	Precoce	Ereta
C-8	237	117	Duro	Amarelo	361	Superprecoce	Semiereta
C-9	250	129	Duro	Alaranjado	335	Médio	Ereta
C-10	253	131	Duro	Alaranjado	385	Superprecoce	Ereta
C-11	220	115	Semiduro	Amarelo	420	Superprecoce	Ereta
C-12	210	100	Duro	Alaranjado	342	Superprecoce	Ereta
C-13	220	95	Semiduro	Alaranjado	320	Precoce	Semiereta
C-14	237	117	Semiduro	Alaranjado	380	Superprecoce	Semiereta
C-15	190	90	Duro	Alaranjado	397	Superprecoce	Ereta
C-16	229	117	Semiduro	Alaranjado	340	Precoce	Ereta
C-17	263	129	Semiduro	Alaranjado	466	Precoce	Semiereta
C-18	229	113	Semiduro	Amarelo	328	Superprecoce	Ereta
C-19	200	110	Semiduro	Amarelo	390	Superprecoce	Ereta
C-20	190	92	Semiduro	Amarelo	330	Superprecoce	Ereta

Altura de plantas (ALT) em cm, altura de inserção de espiga (AIE) em cm, textura dos grãos (TG), cor de grãos (CG), peso de 1000 grãos (P1000) em gramas, arquitetura de plantas (ARQ).

Os híbridos de milho foram semeados no dia 24/02/2019, por meio de uma semeadora mecânica de discos duplos com 12 linhas em espaçamento adensado de 0,5 m, como estratégia para alavancar maiores produtividades (Woli et al., 2014; Cerpa et al., 2017). O sistema de distribuição de fertilizantes foi calibrado para distribuir 260 kg ha^{-1} do formulado 16:16:16 (NPK), não havendo posterior fertilização com nitrogênio em cobertura. O sistema de distribuição de sementes foi ajustado para distribuir três sementes por metro, perfazendo um stand de 60000 plantas ha^{-1}. O conjunto trator-semeadora deslocou-se durante a semeadura a velocidade de 5 km h^{-1}.

Em 20/07/2019 foram coletados os dados de distribuição longitudinal: número de plantas e distância entre plantas com o auxílio de régua graduada, sendo considerada a primeira planta de cada linha como marco inicial, sendo a contagem e a mensuração finalizadas ao final de três metros. O número de plantas e a distância entre plantas são utilizados para o cálculo do número de falhas e duplas, parâmetros utilizados para a determinação da distribuição normal no processo de semeadura (Arcoverde et al., 2017). Assim, foram determinados os parâmetros médios de referência, distância média entre plantas, dividindo-se 100 pelo número médio de plantas por metro, falhas, multiplicando-se 1,5 pela distância média entre plantas e duplas, multiplicando-se a distância média entre plantas por 0,5.

Foram também levantadas as características biométricas de planta em 20/07/2019: diâmetro do caule medido na posição mediana do primeiro colmo acima do solo com o auxílio de paquímetro e a

altura de inserção de espiga com o auxílio da mesma de régua graduada utilizada para a mensuração dos dados de distribuição.

Os levantamentos dos componentes de espiga foram realizados posteriormente na data de 27/07/2019, quando o número de fileiras de grãos e o número médio de grãos por fileira foram contados manualmente, já o comprimento de espiga, diâmetro da ponta de espiga, diâmetro do meio da espiga, e diâmetro da base da espiga, foram mensurados com o auxílio de régua graduada e paquímetro.

A colheita foi realizada manualmente no dia 20/07/2019, sendo em seguida as espigas debulhadas manualmente e a umidade corrigida a 14% para a obtenção da produtividade média.

Foi utilizado o teste de médias de Scott & Knott a 95% de confiança e posteriormente aplicado os métodos estatísticos multivariados: Análise de Agrupamento e Componentes Principais (Silva et al., 2016). A análise de agrupamento foi utilizada para a seleção dos híbridos de milho em grupos por verossimilhança, sendo representada por gráfico em diagrama em árvore e a análise de componentes principais, utilizada para o levantamento da proximidade existente entre descritores e variáveis, sendo representada por gráfico biplot (Cortez et al. 2011; Guedes et al., 2012; Costa et al., 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados médios de precipitação e temperatura (Figura 1) estiveram dentro dos parâmetros exigidos, em que a cultura do milho necessita de precipitações pluviométricas acima de 500 mm, temperatura média diária acima de 19ºC e temperatura média noturna acima de 12,8ºC e abaixo de 25ºC (Maldaner et al., 2014).

Ao serem levantadas as características biométricas de plantas (Tabela 2), verificou-se que os híbridos de milho C-10, C-14 e C-19, possuíam como características semelhantes maiores números de grãos por fileira e maiores produtividades de grãos. Estas características foram utilizadas como os principais fatores no processo de avaliação do desempenho dos híbridos de milho a campo em segunda safra.

Para os dados analisados foi possível verificar no diagrama em árvore (Figura 2), a formação de três grandes grupos, G1 composto pelos híbridos de milho C-10, C-9, C-8, C-13 e C-6, G2 pelos híbridos C-18, C-19, C-15, C-11, C-20, C-7, C-12 e C-3 e G3 pelos híbridos C-17, C-5, C-16, C-4, C-14, C-2 e C-1 (Figura 2). Os híbridos de milho agruparam-se de acordo com a semelhança existente entre as características biométricas de planta, sendo a distância Euclidiana determinada por meio do número de componentes semelhantes existente entre os grupos de híbridos de milho formados, assim sendo, quanto maior o número de características semelhantes existentes em um conjunto de híbridos, menor será a distância Euclidiana existente entre os pares formados dentro deste grupo (Silva et al., 2016).

Tabela 2. Dados biométricos de plantas. Fonte: os autores.

HÍBRIDOS	DC	AIE	NF	NGF	DPE	DME	DBE	CE	PROD
C-1	23,32^{ns}	85,84^{c}	17,80^{a}	36,80^{a}	38,92^{e}	53,10^{b}	52,18^{b}	17,82^{c}	5190^{b}
C-2	22,20^{ns}	107,98^{a}	16,40^{b}	38,40^{a}	39,74^{e}	50,00^{c}	51,24^{b}	19,74^{a}	4882^{b}
C-3	19,12^{ns}	92,14^{b}	15,80^{b}	34,00^{b}	38,90^{e}	47,48^{d}	49,18^{b}	16,58^{d}	4291^{b}
C-4	20,60^{ns}	80,68^{c}	16,80^{b}	28,60^{d}	37,66^{e}	52,50^{b}	50,16^{b}	17,46^{c}	5159^{b}
C-5	21,30^{ns}	106,72^{a}	17,60^{a}	29,20^{c}	44,10^{c}	52,74^{b}	54,24^{a}	20,24^{a}	5347^{b}
C-6	21,94^{ns}	96,74^{b}	16,20^{b}	31,00^{c}	46,72^{b}	49,22^{d}	50,52^{a}	16,78^{d}	4951^{b}
C-7	22,04^{ns}	102,20^{a}	16,00^{b}	30,80^{c}	43,06^{c}	50,40^{c}	48,96^{b}	16,86^{d}	5352^{b}
C-8	33,26^{ns}	78,46^{c}	18,00^{a}	25,80^{d}	42,78^{d}	47,82^{d}	50,40^{b}	16,92^{d}	5405^{b}
C-9	17,16^{ns}	101,66^{a}	17,20^{a}	27,20^{d}	41,42^{d}	41,74^{e}	47,06^{c}	17,30^{c}	4454^{b}
C-10	18,76^{ns}	102,40^{a}	13,40^{d}	37,00^{a}	34,56^{f}	40,32^{e}	42,44^{d}	18,72^{b}	6070^{a}
C-11	18,68^{ns}	59,30^{d}	16,00^{b}	31,00^{c}	32,12^{g}	50,68^{c}	41,46^{d}	16,14^{d}	5243^{b}
C-12	24,68^{ns}	97,90^{b}	14,00^{d}	33,80^{b}	41,22^{d}	48,34^{d}	50,84^{b}	16,08^{d}	5691^{a}
C-13	27,02^{ns}	97,18^{b}	15,00^{c}	31,60^{c}	39,64^{e}	49,04^{d}	49,66^{b}	17,22^{c}	5980^{a}
C-14	22,36^{ns}	107,84^{a}	16,60^{b}	37,00^{a}	42,28^{d}	51,06^{c}	49,96^{b}	18,92^{b}	5702^{a}
C-15	21,28^{ns}	74,62^{c}	14,20^{d}	34,60^{b}	42,48^{d}	49,08^{d}	50,98^{b}	17,64^{c}	5103^{b}
C-16	22,56^{ns}	110,50^{a}	15,60^{b}	33,20^{b}	42,64^{d}	53,22^{b}	50,78^{b}	18,26^{b}	5413^{b}
C-17	20,18^{ns}	107,68^{a}	17,80^{a}	26,60^{d}	45,94^{b}	56,40^{a}	55,38^{a}	16,70^{d}	5502^{b}
C-18	19,64^{ns}	84,86^{c}	15,80^{b}	35,40^{b}	49,86^{a}	51,66^{b}	56,40^{a}	17,68^{c}	7256^{a}
C-19	22,12^{ns}	78,10^{c}	14,80^{c}	37,20^{a}	43,92^{c}	50,58^{c}	51,40^{b}	17,48^{c}	6317^{a}
C-20	20,84^{ns}	105,08^{a}	17,00^{a}	30,00^{c}	43,60^{c}	47,38^{d}	50,86^{b}	16,84^{d}	4441^{b}

Médias na mesma coluna seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente ($p<0,05$) pelo teste de médias de Scott & Knott a 95% de confiança; não significativo (ns), %), diâmetro do colmo (DC), altura de inserção de espiga (AIE), número de fileiras por espiga (NF), número de grãos por fileira (NGF), diâmetro da ponta de espiga (DIE), diâmetro do meio da espiga (DME), diâmetro da base de espiga (DBE), comprimento de espiga (CE), produtividade kg.ha^{-1} (PROD).

Quando avaliados os dados biométricos de planta (Tabela 2), são observadas características distintas entre os híbridos do grupo G3 (Figura 2), sendo sugeridos dois subgrupos para a análise das variáveis número de grãos por fileira e produtividade de grãos, sendo estes G3.1 composto pelos híbridos C-17, C-16, C-7, C-4 e G3.2 integrado pelos híbridos C-5, C-14, C-2, C-1. Os híbridos de milho do grupo G3.2 apresentaram maior número de grãos por fileira em relação aos híbridos do grupo G3.1, sendo possível identificar por meio do diagrama em arvore (Figura 2) que há distinção entre os híbridos para esta variável (Felisberto et al., 2016).

Quando avaliados os dados biométricos de planta para os grupos G2 e G1 (Figura 2), estes não apresentaram características relevantes para a distinção entre subgrupos para as características biométricas de interesse, número de grãos por fileira e produtividade de grãos. A maior média do número de grãos por fileira e a maior média produtiva foi estabelecida pelo grupo G2, seguida do grupo G3, e com as menores médias o grupo G1 (Tabela 2).

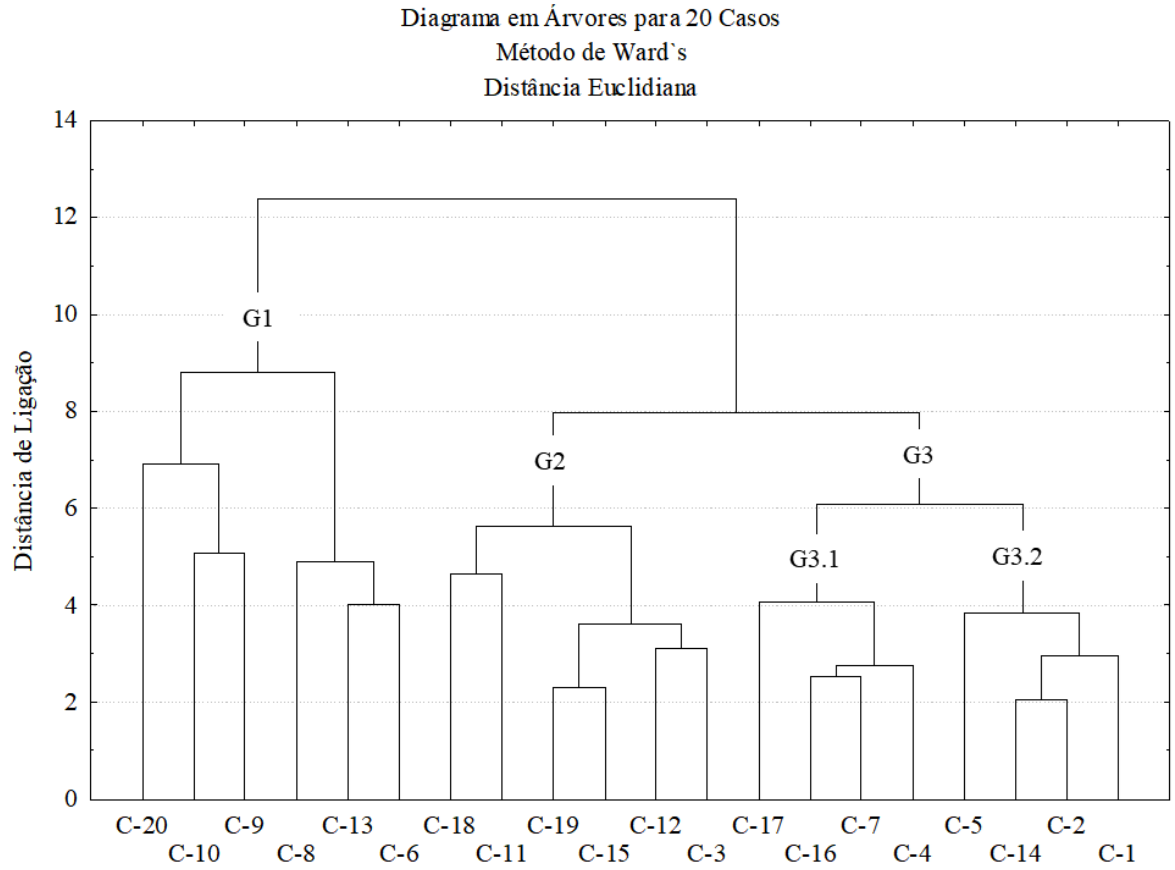


Figura 2. Diagrama em árvore para 20 casos pelo método de Ward`s. Fonte: os autores.

Com intuito em avaliar quais variáveis estavam influenciando no processo de seleção dos híbridos de milho a campo, foi efetuada a análise de componentes principais para os grupos G1, G2 e G3. Nesta análise, os dados de distribuição e biometria de plantas apresentaram dois componentes principais que retiveram mais de 50% das informações (Tabela 3).

Tabela 3. Autovalores e estatística dos componentes principais. Fonte: os autores.

CP	Autovalores	% Total	Acumulativo	Acumulado %
1	30,39	30,39	3,95	30,39
2	22,56	22,56	6,88	52,96
3	12,92	12,92	8,56	65,88
4	10,67	10,67	9,95	76,56
5	7,74	7,74	10,96	84,31
6	6,41	6,41	11,79	90,72
7	4,19	4,19	12,33	94,91
8	2,19	2,19	12,62	97,10
9	1,67	1,67	12,84	98,78
10	0,77	0,77	12,94	99,55
11	0,34	0,34	12,98	99,89
12	0,10	0,10	13,00	100,00

Componente principal (CP).

Para a formação do primeiro componente principal CP1, os híbridos de milho do grupo G1 contribuíram com 60,92%, o grupo G2 com 7,67% e o grupo G3 com 31,41% (Tabela 4). Já para a formação do segundo componente principal CP2, os híbridos de milho do grupo G1 contribuíram com 51,89 %, o grupo G2 com 30,49% e o grupo G3 com 17,62% (Tabela 4).

Tabela 4. Contribuição de cada híbrido de milho nos componentes principais (CP). Fonte: os autores.

Híbridos	CP1	CP2
C-1	3,33	0,13
C-2	2,21	6,89
C-3	0,05	3,19
C-4	1,32	2,25
C-5	5,13	0,04
C-6	7,71	13,26
C-7	0,46	0,86
C-8	5,58	11,94
C-9	29,90	0,44
C-10	11,40	35,11
C-11	0,01	4,11
C-12	0,08	1,39
C-13	4,88	3,99
C-14	2,35	0,56
C-15	1,95	3,40
C-16	4,20	0,48
C-17	12,41	6,41
C-18	1,81	0,04
C-19	3,78	5,10
C-20	1,45	0,40

Híbridos de milho (Híbridos), primeiro componente principal (CP1) %, segundo componente principal (CP2) %.

Ao serem avaliados os híbridos do grupo G1, com a maior porcentagem para a constituição do primeiro e segundo componentes, foi observado que o híbrido de milho C-10 contribuiu com a segunda maior parcela (Tabela 4) para o primeiro componente (11,40%) e com a maior parcela para o segundo componente (35,11%), sendo o híbrido com o maior número de grãos por fileira, como também o mais produtivo entre os híbridos deste grupo (Tabela 2).

Ao serem avaliados os híbridos de milho do grupo G3, com a segunda maior porcentagem para a constituição do primeiro e segundo componente principal, identificou-se que o híbrido C-17 contribuiu com a maior parcela (Tabela 4) para o primeiro componente (12,41%) e com a segunda maior parcela para o segundo componente (6,41%), porém com menor número de grãos por fileira e também menor produtividade comparado com o híbrido C-10 (Tabela 2).

Ao serem avaliados os híbridos do grupo G2, com a terceira maior porcentagem para a constituição do primeiro e segundo componentes principais, foi identificado que o híbrido de milho C-19 contribuiu com a maior parcela (Tabela 4) para o primeiro componente (3,78%) e também com a segunda maior parcela para o segundo componente (5,1%). Quanto as variáveis de interesse, número de

grãos por fileira e produtividade de grãos, este híbrido não diferiu estatisticamente do híbrido de milho C-10 (Tabela 3).

A proximidade dos descritores é representada pelo gráfico biplot (Figura 3). Para as variáveis de interesse, número de grãos por fileira e produtividade de grãos, é observado maior proximidade no eixo do primeiro componente principal para o híbrido de milho C-19, estando mais distante o híbrido C-10. Nesta avaliação é considerado com maior peso a proximidade das variáveis em relação a um descritor, sendo possível selecionar nesta fase, o híbrido de milho C-19 como o mais apto às características inerentes a este experimento (Costa et al., 2019).

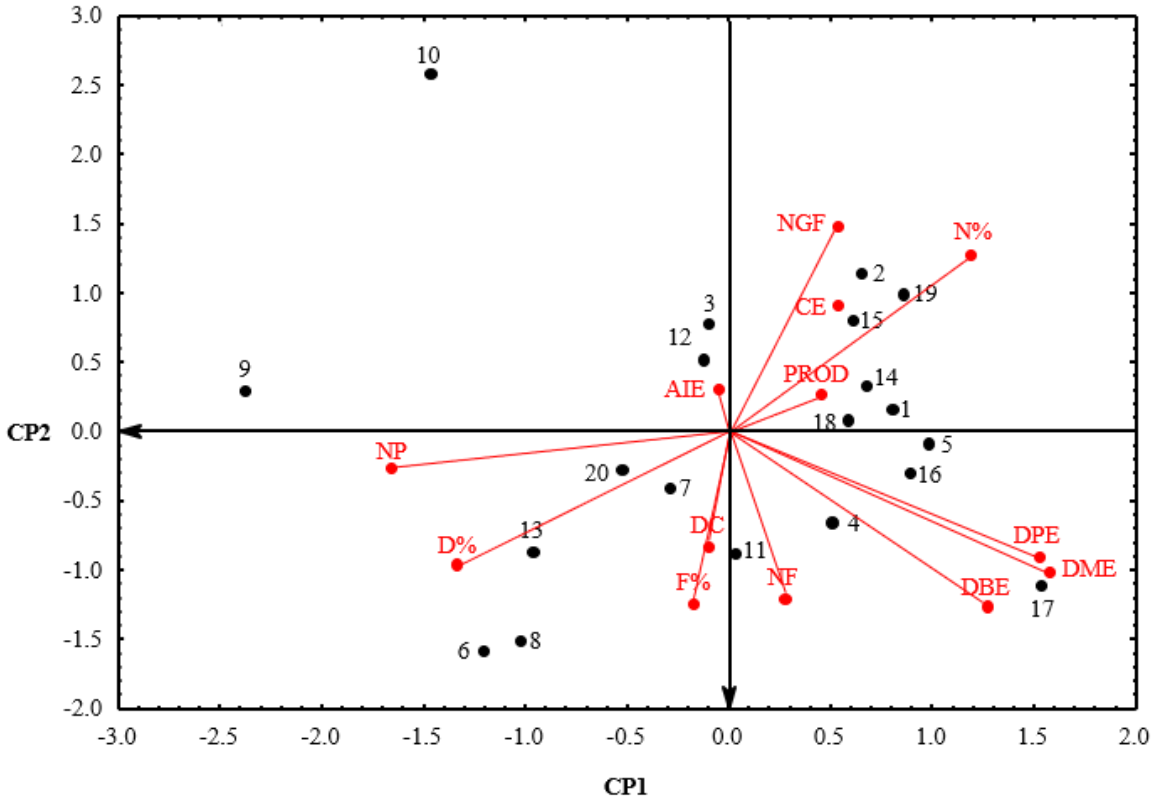


Figura 3. Gráfico biplot dos componentes principais (CP1 e CP2), número de plantas (NP), porcentagem de falhas na semeadura (F %), porcentagem de sementes duplas na semeadura (D %), porcentagem da normalidade de distribuição na semeadura (N %), diâmetro do colmo (DC), altura de inserção de espiga (AIE), número de fileiras por espiga (NF), número de grãos por fileira (NGF), diâmetro da ponta de espiga (DPE), diâmetro do meio da espiga (DME), diâmetro da base de espiga (DBE), comprimento de espiga (CE), produtividade kg.ha^{-1} (PROD). Fonte: os autores.

As características comerciais dos híbridos C-19 e C-10, também se mostraram relevantes no processo de seleção, pois ambos possuem arquitetura de planta ereta, característica requerida para o adensamento de semeadura (Cerpa et al. 2017), como também elevada massa de 1000 grãos (Tabela 1).

CONCLUSÃO

As variáveis que mais influenciaram no momento a seleção dos híbridos de milho a campo, foram o número de grãos por fileira e a produtividade de grãos, sendo de fundamental importância a avaliação antecipada dos componentes de distribuição.

Os híbridos de milho mais indicados para segunda safra podem ser o C-19 e C-10, por apresentarem maior número de grãos por fileira, maior produtividade de grãos e arquitetura de plantas ereta.

AGRADECIMENTOS

À Capes, pela bolsa de doutorado concedida ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arcoverde, S. N. S., Souza, C. M. A., Cortez, J. W., Maciak, P. A., & Nagahama, H. J. (2017). Qualidade e variabilidade espacial na semeadura do milho de segunda safra. Revista Energia na Agricultura, 32, 386-392. DOI: https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2017v32n4p386-392

Contini, E., Mota, M. M., Marra, R., Borghi, E., Miranda, R. A. De, Silva, A. F., Silva, D. D., Machado, J. R. A., Cota, L. V., Costa, R. V., & Mendes, S. M. (2019). Serie desafios do grande negócio brasileiro. Milho Caracterizações e Desafios Tecnológicos. Brasília: Embrapa Milho e Sorgo.

CONAB (2019). Milho - Análise Mensal - Junho/Julho – 2019. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: file:///C:/Users/herma/Downloads/MilhoZ-ZAnaliseZZMensalZ-ZJunho-Julho-2019.pdf

Caldarelli, C. E., & Bacchi, M. R. P. (2012). Fatores de influência no preço do milho no Brasil. Nova Economia, 22, 141-164. DOI: https://doi.org/10.1590/S0103-63512012000100005

Cortez, J. W., Fernandes, A. L. T., Silva, R. P., Carvalho, A. F., & Furlani, C. E. A. (2011). Métodos multivariados na avaliação dos atributos físicos do solo na cafeicultura irrigada. Engenharia na agricultura, 19, 132-140. DOI: https://doi.org/10.13083/reveng.v19i2.150

Cerpa, A. F., Mendes, M. C., Faria, M. V., Ávila, F. W., Szeuczuk, K., & Albuquerque, C. J. B. (2017). Nitrogen as top-dressing and sowing densities on agronomic characteristics of maize crop. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 21, 703-708. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n10p703-708

Costa, D. S., & Novembre, A. D. L. C. (2019). Análise multivariada para expressão de resultados de potencial fisiológico de sementes de arroz. Revista Agrarian, 12, 418-424. DOI: https://doi.org/10.30612/agrarian.v12i45.7194

Cruz, C. D. (2013) Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. Acta Scientiarum Agronomy, 35, 271-276. DOI: http://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251

Felisberto, G., Felisberto, P. A. C., Carneiro, L. F., Timossi, P. C., Kaneco, F. H., & Caetano, J. O. (2016). Plantas de cobertura e adubação nitrogenada no milho em plantio direto sob influência de déficit hídrico em solo de cerrado. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, 15, 440-450. DOI: http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v15n3p439-449

Guedes, H. A. S., Silava, D. D., Elesbon, A. A. A., Ribeiro, C. B. M., Matos A. T., & Soares, J. H. P. (2012). Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 16, 558–563. DOI: https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000500012

Köppen, W., & Geiger, R. (1936). Handbuch der Klimatologie. Gebrüder Bornträger.

Maldaner, L. J., Horing, K., Schneider, J. F., Frigo, J. P. Azevedo, K. D., & Grzesiuck, A. E. (2014). Exigência agroclimática da cultura do milho (*Zea mays*). Revista Brasileira de Energias Renováveis, 3, 13-23. DOI: http://dx.doi.org/10.5380/rber.v3i1.36915

Silva, A. S., Souza, O. U., Santos, L. G., Melo, N. C., Vasconselos R. C. (2016). Características agronômicas de cultivares de milho verde submetidas a doses de Ribumin. Revista de Ciências Agrárias, 39, 395-403. DOI: http://dx.doi.org/10.19084/RCA15126

Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumbreras, J.F., Coelho, M. R., Almeida, J. A, Araújo, J. C., Oliveira, J.B., & Cunha, T. J. F. (2018). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Disponível em: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/181678/1/SiBCS-2018-ISBN-9788570358219-english.epub

Tokatlidis, I. S. (2017). Crop adaptation to density to optimise grain yield: breeding implications. Euphytica, 213, 1-25. DOI: https://doi.org/10.1007/s10681-017-1874-8

Woli, K. P., Burras, C. L., Abendroth, L. J., & Elmore, R. W. (2014). Optimizing corn seeding rates usinga field's corns suitability rating. Agronomy Journal, Madison, 106, 1523-1532. DOI: https://doi.org/10.2134/agronj14.0054

Capítulo 8

Agricultura 4.0: desenvolvimento, aplicações e impactos sociais

Recebido em: 01/06/2022
Aceito em: 04/06/2022
10.46420/9786581460419cap8

Maryele Lázara Rezende[1*]

INTRODUÇÃO

A agricultura, ao longo da história, desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento das civilizações, permitindo ao homem fixar-se em regiões férteis e deixar de ser nômades. O aumento na produção de alimentos permitiu que a população humana crescesse rapidamente ao longo dos anos, aumentando a demanda por alimentos e exigindo condutas ambientalmente corretas (Ribeiro et al., 2017).

Para Mazoyer e Roudart (2010) a segmentação das revoluções agrícolas apresentam uma metodologia diferenciada. Para os autores a primeira revolução agrícola, foi a revolução neolítica caracterizada pelo início da semeadura de plantas e manutenção de animais em cativeiros com objetivo de multiplicá-los, seguida da revolução antiga e medieval marcadas por sistemas de derrubada e queimada, sistemas de alqueive e tração leve e os sistemas com alqueive e tração pesada, estes últimos desenvolvidos durante a idade média. Ainda para os autores, a primeira revolução industrial agrícola dos tempos modernos desenvolveu-se com estreita relação com a revolução industrial e caracterizou-se pelo surgimento de ferrovias e máquinas a vapor. A segunda revolução moderna da agricultura foi marcada pela utilização da mecanização, motorização e fertilização mineral. Porém, os próprios autores Mazoyer e Roudart (2010) reconhecem que as revoluções neolíticas, antiga e medieval frequentemente não são reconhecidas como tais, ou simplesmente desconhecidas.

Na literatura moderna normalmente se verifica a utilização das nomenclaturas agricultura 1.0, 2.0, 3.0, 4.0. A agricultura 1.0 ocorreu juntamente com a revolução industrial e utilizou-se de melhorias na mecanização, seleção de plantas e animais e aumento na produção de insumos agrícolas (Fernandes, 2019). Neste período a agricultura foi impulsionada pela utilização de insumos sintéticos, produção de commodities e expansão das monoculturas. A agricultura 2.0, também chamada de revolução verde, ocorreu em no século XX com a introdução de melhoria genética nas plantas que proporcionou a ampliação da produção de alimentos em cultivares mais resistentes, já a agricultura 3.0, ocorreu na década de 90 com a utilização da biotecnologia (Fernandes, 2019).

[1] IF Goiano Campus Posse e Universidade Federal de Goiás
[*] Autora correspondente: maryele.rezende@ifgoiano.edu.br

Para Fernandes (2019) o grande marco histórico para determinar o surgimento da Agricultura 4.0 foi a disponibilização do sinal de GPS (*Global Position System*) que na agricultura permitiu a associar dados de produção instantaneamente com coordenadas geográficas. Porém, não existe um consenso na literatura ao determinar se a agricultura de precisão pertence a agricultura 3.0 ou a agricultura 4.0. No entanto, é evidente que a agricultura de precisão foi essencial para o surgimento da agricultura digital, também chamada de agricultura 4.0.

A agricultura 4.0, é um termo derivado da indústria 4.0 que foi cunhado na Alemanha em 2011. É a agricultura que utiliza da internet para coletar e analisar dados, bem como, automatizar a operação. A agricultura 4.0 pode fazer uso inteligência artificial, rede de sensores, comunicação de máquina para máquina, conectividade entre dispositivos móveis e computação em nuvens com foco no processo de melhoria contínua resultando em agricultura e pecuária de precisão, automação e robótica. Espera-se que a agricultura 4.0 possa promover um elevado índice de produtividade, eficiência no uso dos insumos, redução dos custos de mão-de-obra, melhorar a qualidade do trabalho, segurança dos trabalhadores e causar menos impactos ambientais (Fernandes, 2019).

Atualmente especula-se sobre a Agricultura 5.0 com expectativa de marco teórico para 2030 que utilizará de tecnologias como o cultivo de carne, utilização da água do mar na agricultura, produção vertical (Ribeiro et al., 2017), modificação genética de plantas e animais por meio da biologia sintética que possibilita reprogramar e criar novos genes em organismos vivos para executarem atividades complexas e precisas (Vasconcelos; Figueiredo, 2015) e veículos e máquinas autônomas (Mendes et al., 2020).

Para Mazoyer e Roudart (2010) a agricultura nunca foi descoberta ou inventada, mas segue um processo de evolução que afeta as formas de produção e também a sociedade. Neste sentido Hayami e Ruttan (1988) defendem que os processos de inovação dependem da criação de tecnologias adaptadas ecológica e economicamente as características de cada região (país, estados). Para os autores, à medida que os processos produtivos se tornam caros existe uma pressão na comunidade científica para prover tecnologias que ajustem os processos produtivos as demandas sociais. O Brasil em sua dimensão continental é constituído de modelos heterogêneos de desenvolvimento agrícola, logo, abriga desde sistemas rudimentares como a tração animal até fazenda altamente tecnológicas, essa situação exige múltiplos estudos para prover o desenvolvimento tecnológico e social do agronegócio no país.

A evolução esperada para a agricultura não se limita às atividades de dentro da porteira, ela demanda uma rede de insumos que em geral são disponibilizados pelas indústrias e universidades. Essa mesma rede é constituída para atender as necessidades e também desejos de consumidores cada vez mais conscientes, o que proporciona modificações/transformações na maneira produzir os produtos agropecuários com foco na redução de custos, aumentos dos atributos de qualidade e atendimento das demandas ambientais (Ribeiro et al., 2017). Portanto, conforme Fernandes (2019) o desenvolvimento da agricultura 4.0 é dependente do desenvolvimento da indústria 4.0, para o autor um descompasso no

desenvolvimento das duas pode levar a importação de tecnologias e/ou internacionalização do agronegócio brasileiro.

Nos últimos 40 anos o Brasil se tornou um grande exportador de alimentos para o mundo a partir da disponibilidade de recursos naturais, avanços em tecnologias, ciências e inovação juntamente com a atuação do governo por meio de políticas públicas e competência dos agricultores. Porém, o Brasil ainda deve aumentar significativamente seu nível de produtividade para atender a uma demanda mundial crescente por alimentos diante de condições ambientais arbitrárias como a limitação de recursos naturais e mudança do clima (Ribeiro et al., 2017). Para Massruhá e Leite (2017) os principais desafios globais nos próximos 50 anos serão energia, água, alimento e pobreza, esses fatores devem promover pressão sobre o agronegócio com o objetivo de garantir a segurança alimentar, fornecer energia limpa e promover o desenvolvimento sustentável.

Logo, o objetivo deste artigo foi empreender uma busca na literatura brasileira e analisar quais são os principais estudos e desenvolvimento de tecnologias que podem fazer parte do futuro do agronegócio brasileiro a partir da verificação da produção científica, também procurou-se verificar se a literatura analisada contempla as mudanças na dinâmica social que a agricultura 4.0 pode promover.

MATERIAL E MÉTODOS

Esse trabalho consistiu em uma revisão bibliográfica de abordagem qualitativa. Para o desenvolvimento do trabalho foi realizada uma pesquisa no SciELO utilizando os descritores "agricultura 4.0" ou "agricultura digital", a busca retornou 935 trabalhos. Com vista ao atendimento do objetivo do trabalho, optou-se por utilizar apenas publicações brasileiras em qualquer idioma que foram publicadas entre 2017 e 2020, a pesquisa retornou 59 trabalhos. Posteriormente foi realizada a leitura dos resumos dos artigos científicos e selecionados 36 artigos que tratam sobre a temática agricultura 4.0 com foco no desenvolvimento e utilização de tecnologias ou adaptação das tecnologias existentes e análise e propostas de redução dos impactos sociais e ambientais da agricultura digital.

Os artigos selecionados foram organizados em planilhas eletrônicas para averiguar os principais temas de estudos, áreas de publicação, bem como verificar a relação entre os pesquisadores e centros de pesquisa.

RESULTADOS

Após a tabulação dos dados, foi possível verificar que os anos de 2018 e 2020 apresentam números iguais de publicações com 11 publicações cada (Gráfico 1) não revelando a existência de tendências nestes dados. 87% das publicações foram realizadas na língua inglesa e as demais em português (Gráfico 2), apesar da amostra avaliar apenas publicações brasileiras, esse elemento em específico leva a reflexão sobre quais são os objetivos das pesquisas desenvolvidas no Brasil. As pesquisas estudadas estão vinculadas com estratégias de extensão para transferir a tecnologia? Esse questionamento torna-se ainda

mais importante quando verificado que boa parte das pesquisas desenvolve a adaptação de cultivares nas mais diversas regiões do país (Gráfico 6), ou seja, é uma pesquisa feita por brasileiros para atender os brasileiros mas que estão publicados em língua estrangeira.

Gráfico 1. Quantidade de publicações. Fonte: elaborado pela autora.

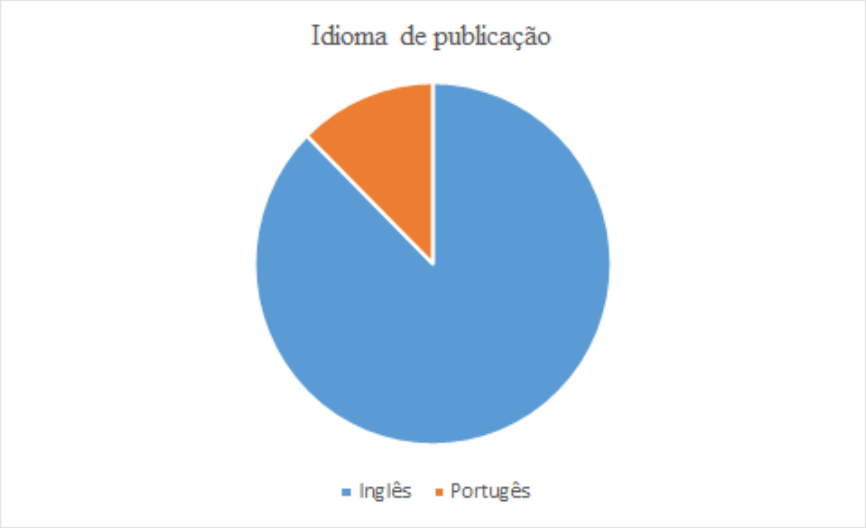


Gráfico 2. Idioma das publicações. Fonte elaborada pela autora.

As principais revistas a receber artigos que contemplavam a temática foram a "Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental" e a "Revista Ciência Agronômica" (Gráfico 4). O local de desenvolvimento das pesquisas foi prioritariamente no nordeste brasileiro com destaque para o estado da Paraíba em especial na cidade de Campina Grande (Gráfico 5). Porém várias pesquisas tiveram o desenvolvimento em múltiplos estados e universidades verificando parcerias que envolvem os estados de BA-MG, GO-SP, MG-PI-DF entre outros.

Gráfico 3. Principais revistas. Fonte: elaborado pela autora.

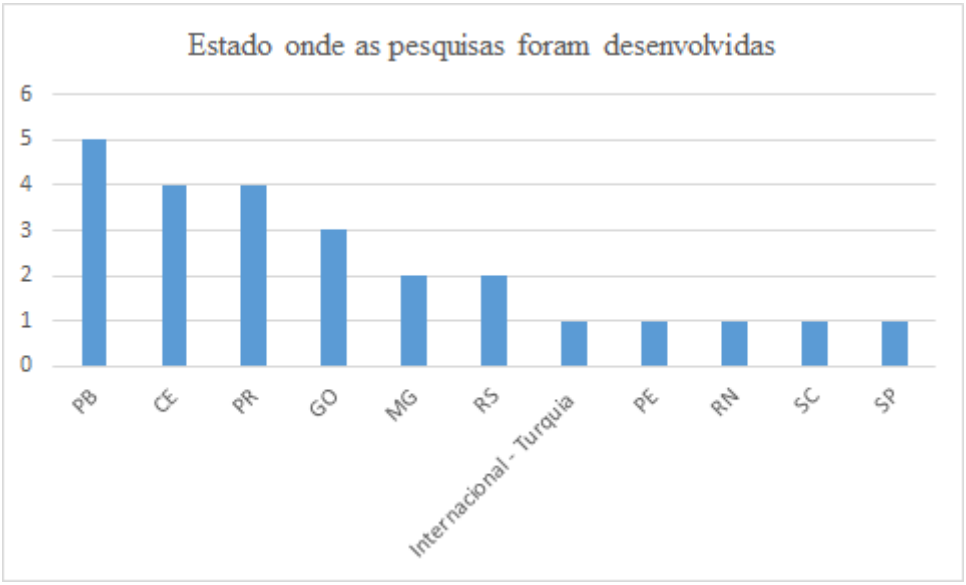


Gráfico 4. Estado de origem da pesquisa. Fonte: elaborado pela autora

Foram observadas várias pesquisas com o objetivo de adaptar os processos produtivos (Gráfico 6) para a utilização de recursos amplamente disponíveis localmente em substituição a insumos químicos e de custo elevado e mensurado o comportamento de cultivares a este insumos como por exemplo a pesquisa de Tullio et al. (2018) que avaliaram os efeitos da adubação com esterco bovino nos frutos da Niagara Rosada e a pesquisa de Pontes Filho et al. (2018) que verificaram a viabilidade da utilização de hidrogel na produção de mudas de tamboril. Outra pesquisa interessante e corrobora com os processos de adaptação produtiva são os estudos de Pasinato et al. (2018) sobre a adaptação do trigo de sequeiro no cerrado brasileiro.

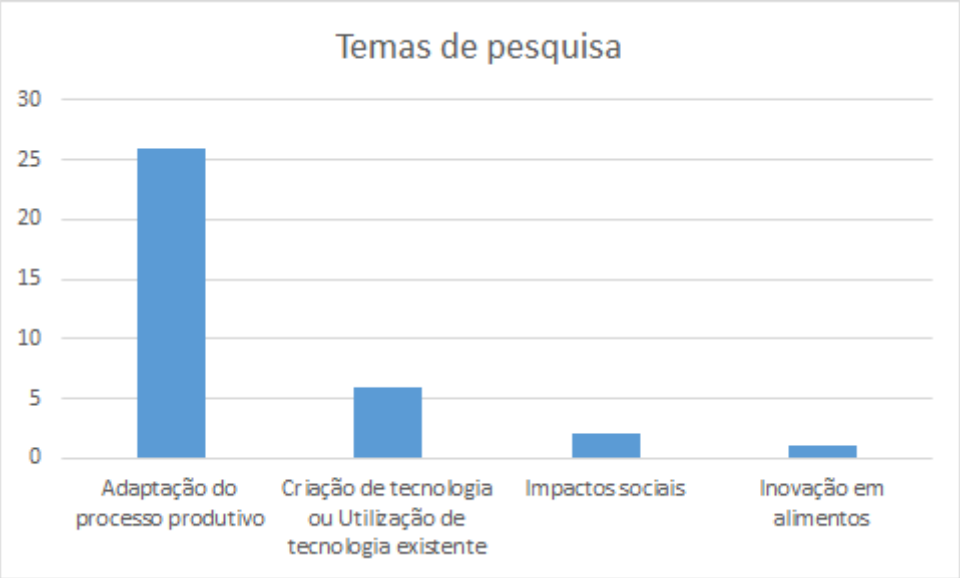


Gráfico 5. Principais temas pesquisados. Fonte: elaborado pela autora.

Também foram verificadas pesquisas que relatam a utilização de tecnologias (Gráfico 6) em problemas de produção como o estudo de Giovanelli et al. (2017) que estimaram a evaporização no sul do Tocantins por meio de irragâmetros. Já Borges et al. (2020) desenvolveram um aplicativo capaz de gerar mapas temáticos e zonas de manejo que antes eram disponíveis apenas em desktops. Aquino et al. (2018) utilizaram o sensoriamento remoto para avaliar áreas degradadas, Souza et al. (2019) usaram de imagens geradas por satélites para determinar e avaliar áreas de preservação permanente, já Hoss et al. (2020) utilizaram imagens multiespectrais para avaliar a massa seca e o teor de nitrogênio das folhas do milho e Gomes et al. (2020) avaliaram voçorocas com imagens geradas por drones.

O maior número de pesquisas relacionadas à agricultura 4.0 desta amostra investigam a adaptação de cultivares a águas salinas como a acerola (Dias et al., 2018; Lima et al., 2019; Lima et al., 2020), mudas de goiabeiras (Souza et al., 2017), algodoeiros (Soares et al., 2018), agrião (Lira et al., 2018; Souza et al., 2020), gravioleira (Silva et al., 2020) e a testagem de plantas resistente a salinidade para utilização do gene (Ferreira et al., 2020) ou a utilização de água residual como na cultura da pimenta (Silva et al., 2019) e no capim marandu (Santos et al., 2017). Essas pesquisas foram protagonizadas principalmente por pesquisadores da Paraíba e verifica-se que um grupo de pesquisadores cooperam entre si para realizar as pesquisas sobre recursos hídricos substitutos no processo de irrigação.

Os artigos que tratam dos impactos socioeconômicos apresentam-se em número reduzido. Um dos poucos trabalhos têm autoria internacional e narra o êxodo rural de jovens na Turquia (Berk, 2018). Esse fato em particular demonstra a importância científica das revistas brasileiras.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para Massruhá (2020) a transformação digital desempenha um papel-chave na transformação da estratégica, da cultura e dos processos organizacionais utilizando principalmente o alcance e o poder da

internet. Algumas tecnologias são críticas na transformação digital como computação em nuvem, internet das coisas, mídias sociais, mobilidade, big data, ciência dos dados, inteligência artificial, realidade aumentada e realidade virtual, robótica, conectividade, aprendizado da máquina, automação e avanços na biotecnologia, bioinformática e nanotecnologia. A agricultura 4.0 deve auxiliar o desenvolvimento de uma produção sustentável ao coletar e analisar os dados disponíveis e utilizar a quantidade mínima de água, fertilizantes e pesticidas conforme a necessidade da área a ser aplicada, diferente do modelo tradicional que aplica quantidade uniformes de insumos (Ribeiro et al., 2017).

A literatura pesquisada neste trabalho revela uma disparidade entre o conceito e aplicação da agricultura 4.0 definido por Massruhá (2020) com os resultados encontrados nesta pesquisa. Observa-se que grande parte dos estudos tratam de aspectos químicos e/ou biológicos de plantas e solos, enquanto que o esperado da agricultura 4.0 seriam pesquisas voltadas para o desenvolvimento tecnológico em especial por meio de processos digitais, análise de dados, robôs e sensores. É de se indagar se a agricultura 4.0 realmente está acontecendo no Brasil ou se o processo de informatização da agricultura acontece por outros meios que não são as pesquisas científicas desenvolvidas em universidades brasileiras, ou se são processos importados e que não são testados cientificamente no contexto socioeconômico brasileiro. Também é necessário verificar se existem outras estratégias de publicações para este tipo de pesquisa.

Para Fernandes (2019) no Brasil se verifica uma rápida evolução tecnológica no agronegócio, porém um desenvolvimento lento da indústria, marcado principalmente pela redução do produto interno bruto (PIB) do segmento, logo, observa-se que os protagonista da revolução tecnológica no agronegócio brasileiro podem ser fomentadas pelas empresas multinacionais, que importam pacotes tecnológicos de seu país de origem.

Outro elemento pouco evidenciado na literatura pesquisada são os impactos sociais gerados por novas tecnologias e processos digitais no agronegócio (limitado a uma única pesquisa internacional sobre o êxodo rural e uma pesquisa sobre o pagamento pela utilização da água para fins de irrigação). O Brasil, particularmente, tem um desenvolvimento agrário bifurcado, onde de um lado existem produtores internacionalmente competitivos que se destacam na produção de commodities e de outro lado um agronegócio desenvolvido com base na agricultura familiar pouco tecnificada e capacitada. Logo, demanda-se estudos para mensurar os impactos sociais e delinear políticas públicas para esse público. Uma temática emergente é o desemprego que já está sendo verificado no campo em função da substituição da mão-de-obra pela utilização de tecnologia que pode gerar o êxodo rural e demandar elevada capacitação dos trabalhadores contratados pelas unidades rurais.

Para Fernandes (2019) os principais desafios para o desenvolvimento da agricultura 4.0 no Brasil são a falta de mão-de-obra qualificada, a ineficiência da infraestrutura de comunicação do país, a dificuldade na identificação de tecnologias e parceiros e ausência de linhas de financiamento apropriadas. Ainda se verifica um distanciamento entre as universidades, a indústria e o agronegócio.

Para Bolfe et al. (2020) um dos principais desafios para o desenvolvimento da agricultura 4.0 é a conectividade no campo, que apesar de apresentar um crescimento significativo de cobertura verifica-se que mais de 70% dos estabelecimentos rurais ainda não têm acesso a internet. Ainda para os autores, outro desafio é o custo das tecnologias digitais em especial quando precisam ser adquiridas pela agricultura familiar e como consequência a capacitação para que produtores e técnicos em agropecuária. Para Fernandes (2019) é necessário formar parcerias entre empresas, industriais, academia e governo para acelerar a inovação tecnológica e assegurar a oferta de mão-de-obra qualificada. Também é necessário estudar estratégias para disponibilizar tecnologias da agricultura 4.0 à agricultores familiares como crédito ou alternativas de compartilhamento de tecnologias.

Massruhá e Leite (2017) destacam a importância do trabalho da EMBRAPA em encurtar as barreiras entre o digital e os grupos sociais marginalizados e que necessitam ser integrados. Para as autoras a EMBRAPA tem utilizado de múltiplos meios de comunicação para apoio e transferência de tecnologia, tais como dia de campo, programas de rádio e TV, divulgação de cartilhas e disponibilização de aplicativos como foco nos distintos segmentos do agronegócio brasileiro adaptando sua linguagem e instrumentos de comunicação. Outro elemento que auxilia no compartilhamento de informações e desenvolvimento da agricultura 4.0 é a expansão do acesso à internet no meio rural que ocorre principalmente por meio de telefonia móvel (IBGE, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da categorização realizada na base de dados do SciELO sobre agricultura 4.0 verifica-se que as principais publicações tratam sobre adaptação de cultivares a prováveis cenários ambientais para o Brasil em curto horizonte temporal. O elemento tecnologias digitais (que era a expectativa de resultados principais) teve um número reduzido de publicações e normalmente relatam o emprego dessas tecnologias na resolução de problemas técnicos, sociais e ambientais. Também foi verificado que um grupo de pesquisadores da protagoniza as pesquisas nessa temática, em especial, por abordar a utilização de águas salinas e residuais.

Ao comparar a catalogação dos artigos com Hayami e Ruttan (1988) e Mazoyer e Roudart (2010) fica evidente que o processo de desenvolvimento da agricultura 4.0 é um elemento contínuo e adaptativo buscando responder as demandas impostas pelo ambiente e viabilizar a manutenção das populações e o crescimento demográfico. Porém, neste momento é necessário estudar e ajustar políticas públicas com foco na manutenção do emprego e renda no campo e capacitação da mão-de-obra, bem como, viabilizar soluções para o público marginalizado na agricultura como comunidades tradicionais e agricultores familiares.

Por fim, este trabalho evidencia possíveis problemas de pesquisa que necessitam ser investigados como (i) a análise dos elementos que promovem a competitividade no campo no Brasil, existem evidências que a competitividade do agronegócio brasileiro é proveniente apenas da abundância de

recursos naturais e precariedade tecnológica; (ii) investigar como ocorre o processo de inovação no agronegócio brasileiro, se ele surge por meio de universidades, startups ou se são importados; e (iii) analisar os impactos sociais que o desenvolvimento tecnológico do agronegócio pode provocar, como por exemplo os fluxo migratórios e a pobreza no contexto rural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aquino, D. do N., Rocha Neto, O. C. da, Moreira, M. A., Teixeira, A. dos S., & Andrade, E. M. de. (2018). Use of remote sensing to identify areas at risk of degradation in the semi-arid region TT - Utilização de sensoriamento remoto para identificação de áreas em risco de degradação na região semiárida. Revista Ciência Agronômica, 49(3), 420–429. https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180047

Berk, A. (2018). Factors affecting the exit from farming of young farmers in Turkey: the case of Niğde province TT - Fatores que afetam a saída de jovens agricultores de propriedades rurais na Turquia: o caso da província de Niğde. Ciência Rural, 48(8). https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180471

Bolfe, E. L., Barbed, A. G. A., Massruhá, S. M. F. S., Souza, K. X. S. de, & Assad, E. D. (2020). Desafios, tendências e oportunidades em agricultura digital no Brasil. Agricultura Digital: Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Nas Cadeias Produtivas, 2018, 380–406.

Borges, L. F., Bazzi, C. L., Souza, E. G. de, Magalhães, P. S. G., & Michelon, G. K. (2020). Web software to create thematic maps for precision agriculture TT - Software para web para criar mapas temáticos para agricultura de precisão. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 55. https://doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2020.v55.00735

Dias, A. S., Lima, G. S. de, Sá, F. V. da S., Gheyi, H. R., Soares, L. A. dos A., & Fernandes, P. D. (2018). Gas exchanges and photochemical efficiency of West Indian cherry cultivated with saline water and potassium fertilization TT - Trocas gasosas e eficiência fotoquímica da aceroleira cultivada com águas salinas e adubação potássica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 22(9), 628–633. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662018000900628&lang=pt%0Ahttp://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v22n9/1415-4366-rbeaa-22-09-0628.pdf

Fernandes, M. A. (2019). Principais desafios a agricultura e indústria para os próximos 10 anos.

Ferreira, T. M. M., Santos, M. de L., Lopes, C. L., Sousa, C. A. F. de, & Souza Junior, M. T. (2020). Effect of salinity stress in *Setaria viridis* (L.) P. Beauv. accession A10.1 during seed germination and plant development TT - Effeito do estresse salino em *Setaria viridis* (L.) P. Beauv. acesso A10.1 durante a germinação das sementes e desenvolvimento d. Ciência e Agrotecnologia, 44. https://doi.org/10.1590/1413-7054202044010020

Giovanelli, L. B., Oliveira, R. A., Oliveira-Filho, J. C., Baptestini, J. C. M., Delazari, F. T., & Sediyama, G. C. (2017). Reference evapotranspiration estimation by the Irrigameter in Southern Tocantins State, Brazil TT - Estimativa da evapotranspiração de referência pelo Irrigâmetro no Sul do Estado do Tocantins. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 21(5), 293–297. https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n5p293-297

Gomes, J. H. G., Pereira, M. G., Francelino, M. R., & Larangeira, J. P. B. (2020). Physical and chemical attributes of soil on gully erosion in the Atlantic forest biome TT - Atributos físicos e químicos em voçorocas no Bioma da floresta Atlântica. Revista Ambiente & Água, 15(2). https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2459

Hayami, Y., & Ruttan, V. W. (1988). Desenvolvimento Agricola: teorias e experiências internacionais.

Hoss, D. F., Luz, G. L. da, Lajús, C. R., Moretto, M. A., & Tremea, G. A. (2020). Multispectral aerial images for the evaluation of maize crops TT - Imagens aéreas multiespectrais para avaliação da cultura do milho. Ciência e Agrotecnologia, 44. https://doi.org/10.1590/1413-7054202044004920

IBGE. (2019). Censo agropecuário 2017: resultados definitivos. Censo Agropecuário, 8, 1–105. https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf

Lima, G. S. D. E., Silva, A. R. P. D. A., Sá, F. V. D. A. S., Gheyi, H. R. A. J., & Soares, L. A. D. O. S. A. (2020). Qualidade físico-química de frutos de aceroleira irrigado com águas salinas e adubação fosfatada. Revista Caatinga, 33(1), 217–225. https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n123rc

Lima, G. S. de, Pinheiro, F. W. A., Dias, A. S., Gheyi, H. R., Soares, L. A. dos A., & Silva, S. S. da. (2019). Growth and production components of West Indian cherry cultivated with saline waters and potassium fertilization TT - Crescimento e componentes de produção da aceroleira cultivada com águas salinas e adubação potássica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 23(4), 250–256. https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n4p250-256

Lira, R. M., Silva, Ê. F. F., Silva, G. F., Soares, H. R., & Willadino, L. G. (2018). Growth, water consumption and mineral composition of watercress under hydroponic system with brackish water TT - Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de agrião cultivado em hidroponia com águas salobras. Horticultura Brasileira, 36(1), 13–19. https://doi.org/10.1590/s0102-053620180103

Massruhá, S. M. F. S. et al. (2020). A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente. Agricultura Digital: Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Nas Cadeias Produtivas, 1, 20–45. https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/217698/1/LV-Agricultura-digital-2020-cap1.pdf

Massruhá, S. M. F. S., & Leite, M. A. de A. (2017). AGRO 4.0 - rumo a agricultura digital. JC Na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade: Mobilizar o Conhecimento Para Alimentar o Brasil, 28–35.

Mazoyer, M., & Roudart, L. (2010). História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea. In Editora Unesp. São Paulo.

Mendes, C. I. C., Massruhá, S. M. F. S., Maranhão, J. S. de A., Ribeiro, P. G. G., & Santos, L. C. X. (2020). O direito frente à digitalização da agricultura. Agricultura Digital: Pesquisa, Desemvolvimento e Inovação Nas Cadeias Produtivas, 24. https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/217710/1/LV-Agricultura-digital-2020-cap13.pdf

Pasinato, A., da Cunha, G. R., Fontana, D. C., de Almeida Monteiro, J. E., Nakai, A. M., & de Oliveira, A. F. (2018). Potential area and limitations for the expansion of rainfed wheat in the Cerrado biome of Central Brazil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 53(7), 779–790. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000700001

Pontes Filho, R. A., Gondim, F. A., & Costa, M. C. G. (2018). Seedling growth of tree species under dose of hydrogel and two levels of luminosity. Revista Árvore, 42(1). https://doi.org/10.1590/1806-90882018000100012

Ribeiro, J. G., Marinho, D. Y., & Espinosa, J. W. M. (2017). Agricultura 4.0: Desafios à produção de alimentos e inovações tecnológicas. Simpósio de Engenharia Da Produção.

Santos, G. O., Faria, R. T. de, Rodriguês, G. A., Dantas, G. de F., Dalri, A. B., & Palaretti, L. F. (2017). Forage yield and quality of marandugrass fertigated with treated sewage wastewater and mineral fertilizer TT - Rendimento e qualidade de forragem de capim-marandu fertirrigado com água residuária de esgoto tratado e adubo mineral. Acta Scientiarum. Agronomy, 39(4), 515–523. https://doi.org/10.4025/actasciagron.v39i4.32828

Silva, A. A. R. DA, Lima, G. S. DE, Azevedo, DE, C. A. V., Veloso, Almeida, L. L. D. S., & Gheyi, H. R. (2020). Ácido Salicílico Como Atenuador Do Estresse Salino De Gravioleira. Revista Caatinga. 2125, 1092–1101.

Silva, V. F., Bezerra, C. V. C., Nascimento, E. C. S., Ferreira, T. N. F., Lima, V. L. A., & Andrade, L. O. (2019). Production of chili pepper under organic fertilization and irrigation with treated wastewater TT - Produção de pimenta malagueta sob adubação orgânica e irrigação com água residuária tratada. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 23(2), 84–89. https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n2p84-89

Soares, L. A. dos A., Fernandes, P. D., Lima, G. S. de, Suassuna, J. F., & Pereira, R. F. (2018). Gas exchanges and production of colored cotton irrigated with saline water at different phenological stages TT - Trocas gasosas e produção do algodoeiro colorido irrigado com água salina em diferentes estádios fenológicos. Revista Ciência Agronômica, 49(2), 239–248. https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180027

Souza, C. A. de, Silva, A. O. da, Santos, J. da S. G., Lacerda, C. F. de, & Silva, G. F. da. (2020). Production of watercress with brackish water and different circulation times for the nutrient solution TT -

Produção de agrião com águas salobras e diferentes tempos de circulação da solução nutritiva. Revista Ciência Agronômica, 51(3). https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200049

Souza, J. M. F., Dos Reis, E. F., Martins, A. S., & Santos, A. L. F. (2019). Evaluation of conflict of land use in the Lamarão river watershed, federal district. Ciencia Florestal, 29(2), 940–954. https://doi.org/10.5902/198050984784

Souza, L. de P., Nobre, R. G., Silva, E. M., Gheyi, H. R., & Soares, L. A. dos A. (2017). Produção de porta-enxerto de goiabeira cultivado com águas de diferentes salinidades e doses de nitrogênio TT - Production of guava rootstock grown with water of different salinities and doses of nitrogen. Revista Ciência Agronômica, 48(4), 596–604. https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170069

Tullio, L., Morais, H., & Yagi, R. (2018). Nutrition, yield and quality of 'Niagara Rosada' vine fruits using cattle slurry and plastic cover TT - Nutrição de plantas, produtividade e qualidade de frutos de videira 'Niagara Rosada' com esterco líquido bovino e cobertura plástica. Revista Brasileira de Fruticultura, 40(6). https://doi.org/10.1590/0100-29452018059

Vilaça De Vasconcelos, M. J., Edson, J., Figueiredo, F., & Sintética, B. (2015). Documentos 196: Biologia Sintética. Embrapa Milho e Sorgo. www.embrapa.br/fale-conosco

Capítulo 9

Uso do biossólido como substrato para a produção de mudas

Recebido em: 02/06/2022
Aceito em: 04/06/2022
10.46420/9786581460419cap9

Karen Andreon Viçosi[1*]
Giovanni de Oliveira Garcia[2]

INTRODUÇÃO

As plantas necessitam de substratos com características químicas, físicas e microbiológicas que proporcionem um crescimento adequado na fase inicial do seu desenvolvimento (Freitas et al., 2015). As características intrínsecas dos materiais utilizados na composição dos substratos podem influenciar tanto no desenvolvimento radicular quanto no crescimento da parte aérea (Caldeira et al., 2014). Entretanto, a produção de mudas requer uma quantidade significativa de substrato, o que resulta em alto custo para os agricultores, pois os substratos comercialmente disponíveis são caros e desenvolvidos principalmente para espécies de interesse econômico, tornando-os insatisfatoriamente adequados para uso na produção de mudas de outras espécies (Silva et al., 2020).

A composição do substrato é dos fatores que influenciam a produção de mudas de qualidade, devendo fornecer suporte físico ao sistema radicular e condições para suprir adequadamente a demanda hídrica e nutricional da planta (Siqueira et al., 2018). O substrato ideal deve ter pH próximo à neutralidade; concentração de nutrientes adequada; boa relação entre retenção de água e drenagem, além de alta porosidade, que permite a formação do sistema radicular (Lopes et al., 2018).

No entanto, é difícil encontrar um material isolado que satisfaça todas as condições químicas e físicas necessárias ao crescimento de diferentes espécies vegetais (Siqueira et al., 2018). A composição do substrato deve propiciar a formação de mudas com qualidade satisfatória, facilitando as operações do plantio e garantindo bom desempenho pós-plantio (Siqueira et al., 2019). Em geral, o substrato é composto por uma mistura de materiais de diferentes características, que podem ser de origem tanto orgânica quanto mineral.

No processo de tratamento de esgoto pelas estações de tratamento, é gerado um resíduo denominado lodo de esgoto. O lodo de esgoto é considerado um dos resíduos sólidos orgânicos urbanos de maior importância, pois é produzido continuamente e em larga escala em todo o mundo (Silva et al.,

[1] Doutoranda em Agronomia na Universidade Federal do Espírito Santo.
[2] Professor Associado do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo
[*] Autora correspondente: karen.vicosi@edu.ufes.br

2020). Entretanto, sua destinação adequada é imprescindível, pois sua disposição inadequada pode ocasionar problemas ambientais, dentre eles a contaminação do solo e da água (Afáz et al., 2017).

Após passar por tratamentos e por estabilização, o lodo de esgoto (LE) passa a ser denominado biossólido, tendo potencial para ser utilizado na agricultura por conter matéria orgânica e nutrientes. De acordo com Abreu, Alonso, Melo, Leles e Santos (2019), o alto teor de matéria orgânica do biossólido favorece a solubilização dos elementos químicos, o que aumenta a absorção de micronutrientes pelas plantas, facilita a penetração das raízes, a melhora da capacidade tampão do substrato, além de proporcionar liberação lenta de água e nutrientes. Além disso, possui características físicas e hidráulicas adequadas para ser utilizados como matéria-prima em meios de crescimento de plantas (Silva et al., 2020). Desse modo, esse resíduo apresenta grande potencial para ser usado juntamente aos substratos comerciais, sendo capaz de suprir as demandas iniciais de nutrientes no processo de produção de mudas, pois fornece às plantas matéria orgânica e elementos essenciais para o desenvolvimento (Freitas et al., 2019).

Por ser um resíduo, a utilização de biossólido pode ser capaz de diminuir os custos de produção, além de ser uma alternativa para agregar valor ao produto e reduzir os impactos ambientais de seu descarte (Martins et al., 2018). Além disso, é importante ressaltar que o uso de resíduos no desenvolvimento de novos produtos, como sua utilização em substrato de mudas, está diretamente alinhado aos princípios da economia circular, por meio da redução do uso de fontes não renováveis de matéria-prima e eliminação do desperdício por meio da transformação em novos produtos, incentivando cadeias de desenvolvimento sustentáveis (Silva et al., 2020).

Desse modo, a utilização de substratos formulados com o biossólido pode trazer benefícios à produção de mudas, desde que seja realizada a caracterização do substrato a ser empregado. A caracterização prévia do substrato, tanto física quanto química, é importante para saber se o material possui as características adequadas que possam permitir a germinação e desenvolvimento da muda. Além disso, é fundamental que o biossólido tenha passado por um processo que garanta sua inocuidade, sendo que seus lotes devem ser monitorados em relação aos níveis de elementos potencialmente tóxicos e patógenos para a saúde humana, que devem estar de acordo com os limites estabelecidos pela legislação vigente (Monteiro et al., 2020).

Apesar de ser utilizado na composição de substratos, a proporção de biossólido dentro do substrato irá variar, principalmente, de acordo com as outras matérias-primas que serão utilizadas (Monteiro et al., 2019) e da espécie a ser cultivada. Em geral, o biossólido tem sido estudado em especial no cultivo de espécies florestais, entretanto, tem potencial de ser utilizado também como substrato de espécies frutíferas e de jardim.

Desse modo, as pesquisas relacionadas ao estudo de diferentes composições de substrato sobre a qualidade de mudas formadas são constantes e atuais, buscando integrar os preceitos da sustentabilidade

e proporcionar redução de tempo e custos do processo de produção, além de oferecer opções alternativas aos viveiristas (Siqueira et al., 2018; Siqueira et al., 2019).

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SUBSTRATO À BASE DE BIOSSÓLIDO

Para a produção do substrato, é necessário entender como os atributos físicos se relacionam para gerar um produto com características desejáveis para a produção de mudas. Silva et al. (2020) afirmam que os atributos físicos de um substrato são fundamentais no desenvolvimento inicial de mudas, com efeitos diretos em parâmetros biométricos, como brotação e enraizamento.

A densidade do substrato afeta diretamente a porosidade, reduzindo principalmente os macroporos, e pode causar problemas de retenção de água e de aeração. Em geral, o biossólido é um material que tem alta densidade comparado a outros materiais utilizados como substrato. Caldeira et al. (2014) registaram uma tendência de aumento da densidade dos substratos à medida que foram adicionadas maiores proporções de lodo de esgoto. Monteiro et al. (2020) observaram que substrato à base de lodo de esgoto (LE) apresentaram maior compactação devido aos maiores valores de densidade. Silva et al. (2020) recomendam que substrato com valores de densidade base seca entre 100-300 kg m^{-3} são adequados para vasos multicelulares, enquanto substratos com densidade entre 300 e 500 kg m^{-3} devem ser recomendados para uso em vasos com altura de 0,20-0,30m.

A porosidade indica a quantidade de poros presentes no substrato e está relacionado com a drenagem e absorção de água do mesmo. Em geral, a porosidade do LE é acima de 70% (Caldeira et al., 2014; Lobo et al., 2018; Siqueira et al., 2019; Gabira et al., 2021). A distribuição dos porosidade entre os macros e microporos afeta diretamente as características físico-hídricas de um substrato, de modo que ele pode reter mais ou menos água, e influenciar assim em sua aeração (Monteiro et al., 2020). Em geral, o biossólido apresenta baixo teor de macroporosidade e alta microporosidade (Abreu et al., 2017). Fato corroborado por Lobo et al. (2018), que observaram que o LE é capaz de reduzir a macroporosidade e aumentar a microporosidade do substrato, promovendo assim uma maior retenção de água. Contudo, uma alta capacidade de retenção de água pode acarretar excesso de água disponível para a planta, causando deficiência de oxigênio e menor troca gasosa no sistema radicular devido à baixa aeração, o que pode reduzir o crescimento da muda (Monteiro et al., 2020).

Desse modo, a capacidade de retenção de água de um substrato é então resultado das relações entre macro e microporosidade e é importante para o estabelecimento do manejo da água na produção de mudas, pois determina a drenagem da água após a irrigação (Gabira et al., 2021). Apesar de um substrato com alta retenção de água do substrato ser interessante para os viveiristas, pois os mesmos podem aumentar o intervalo entre as irrigações, em época de alta incidência de chuvas ou irrigação em excesso pode ocorrer problema de aeração do substrato, prejudicando o crescimento das mudas e propiciando a proliferação de doenças fúngicas (Abreu et al., 2017). O ideal é que o teor de água disponível do substrato deva estar entre 0,25−0,35 m^3 m^{-3} (Silva et al., 2020).

Outra característica importante do substrato é sua salinidade. A salinidade é a quantidade de sais dissolvidos no meio aquoso, e está diretamente relacionada à condutividade elétrica (CE), que é a capacidade do material em conduzir corrente elétrica. Desse modo, quanto maior a quantidade de sais do substrato, maior é sua capacidade de conduzir a corrente elétrica, e consequentemente maior o valor de CE. Substratos com altos valores de condutividade elétrica podem indicar a existência de condições desfavoráveis para nutrição das plantas, uma vez que o excesso de sais na zona radicular pode prejudicar a germinação, emergência, desenvolvimento e produtividade das plantas (Lazo et al., 2021).

Silva et al. (2020) observaram que o biossólido apresentou valores mais elevados de CE (2,59–4,91 mS cm^{-1}), possivelmente devido à alta concentração de nutrientes no LE. Resultado corroborado por Caldeira et al. (2014), que observaram aumento da salinidade do substrato à medida que são adicionadas maiores proporções de biossólido à sua composição. Gabira et al. (2021) observaram aumento da condutividade elétrica em substrato à base de biossólido compostado em relação ao substrato comercial. Desse modo, altas quantidades de sais relacionados ao biossólido podem ser prejudiciais para o cultivo de mudas, dentre elas as mais sensíveis a salinidade, como as hortaliças.

É importante haver um equilíbrio entre as características físicas do substrato de modo a garantir uma boa relação entre retenção de água e aeração, além da quantidade de sais presentes. Pode-se notar que, à medida que a porcentagem de biossólido aumenta no substrato, há uma tendência de aumento da densidade, da microporosidade e condutividade elétrica, com redução da macroporosidade. A solução então é adicionar outro material a ser incluído na formulação do substrato para melhorar as características físicas do biossólido, de preferência resíduos com baixa densidade e alta macroporosidade, como fibra de coco, casca de arroz, palha de café (Caldeira et al., 2018), ou compostado com bagaço de cana e casca de eucalipto (Gabira et al., 2021).

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SUBSTRATO À BASE DE BIOSSÓLIDO

As características químicas dos substratos estão relacionadas à sua capacidade de fornecer nutrientes às plantas (Santos et al., 2014). Sendo assim, o substrato deve conter os nutrientes necessários ao crescimento da muda, de maneira balanceada, na forma disponível e em quantidade certa, sem deficiência ou excesso. A nutrição das mudas adequada contribui para uma produção mais rápida e com seu melhor estabelecimento de mudas em condições de campo, o que, por sua vez, tem efeito direto na produtividade (Silva et al., 2020).

O biossólido é capaz de aumentar de aumentar a fertilidade do substrato, por apresentar alto teor de matéria orgânica (MO) prontamente mineralizável e altos teores de nutrientes (Santos et al., 2014). Essa eficiência do biossólido em fornecer matéria orgânica e nutrientes é relacionada à baixa relação C/N encontrada no resíduo (Abreu et al., 2017), o que favorece o processo de mineralização. A matéria orgânica é formada, principalmente, de carbono orgânico (CO). De acordo com Bonini et al. (2015), altos teores de CO em substratos favorecem a solubilização de nutrientes, o aumento da capacidade de troca

catiônica (CTC), a absorção de micronutrientes pelas plantas, facilita a penetração das raízes e a melhora da capacidade tampão do substrato, além da liberação lenta de água e nutrientes essenciais como nitrogênio, enxofre e fósforo. Com a decomposição da matéria orgânico, pode ocorrer um aumento da quantidade de nutrientes mineralizados disponíveis para as plantas, aumentando sua concentração ao longo do tempo (Lopes et al., 2018). Santos et al. (2014) observaram que o LE, por conterem altas concentrações de matéria orgânica, tem grandes superfícies de troca responsáveis pelo aumento da CTC, o que aumenta a fertilidade do substrato.

Vários resultados comprovam a melhoria dos atributos químicos do substrato com a adição do biossólido. Santos et al. (2014) observaram que biossólido proporcionou aumento da fertilidade dos substratos com aumento de teores dos nutrientes, principalmente nitrogênio, cálcio e fósforo. No trabalho de Lobo et al. (2018), é possível observar que o lodo de esgoto compostado foi capaz de aumentar o teor de N, P_2O_5, K_2O e S do substrato.

No geral, os teores de macronutrientes e micronutrientes dos substratos de lodo de esgoto foram superiores aos do substrato comercial, especialmente em N, Ca, Mg, S e Mn (Gabira et al., 2021). Caldeira et al. (2014) observaram maiores teores de P, Ca e Mg dos substratos com a aumento do lodo de esgoto, o que pode estar associado às maiores médias da altura das mudas de *Eucalyptus grandis*. Nos dados de Cabreira et al. (2017), é possível observar que o biossólido promoveu aumento de N, P, Ca, Mg, MO e CTC em substrato composto por mais de 40% de biossólido, quando comparado ao substrato composto por esterco bovino.

No biossólido, a maior parte de nitrogênio (N) encontra-se na forma orgânica, que fica disponível para as plantas somente após a degradação da matéria orgânica, enquanto o N inorgânico (nitrito, nitrato e amônia) representa apenas 16% do N total. Isso faz com que o N presente no biossólido seja liberado lentamente para o sistema, o que pode ser favorável para a absorção pelas plantas em longo prazo em comparação com o uso de fertilizantes químicos (Abreu et al., 2019). Entretanto, apesar do resíduo ser rico em N, não se assegura uma maior disponibilidade para as mudas nos primeiros estágios de crescimento, o que para espécies de rápido crescimento e elevada exigência nutricional pode representar deficiências nutricionais (Silva, Nunes, Zanon, Guerrini & Silva, 2018). Silva et al. (2020) observaram que biossólido apresentou teores de nitrogênio semelhantes ou até maiores do que outros materiais orgânicos sólidos amplamente utilizados na agricultura, como esterco de aves, perus, suínos e de gado. De acordo com Santos et al. (2014), os substratos formulados com 100% de lodo de esgoto maiores teores totais de N, quando comparado aos outros substratos testados.

Grande parte do fósforo (P) presente no biossólido estará prontamente disponível para as plantas nos primeiros meses do ciclo de produção, fato desejado dada a essencialidade desse elemento na participação dos processos metabólicos das plantas, em especial sua participação na formação do sistema radicular (Abreu et al., 2019).

Entretanto, o biossólido pode conter baixos teores de potássio (K). Por ser altamente solúvel, e o esgoto que chega para tratamento é composto por 99,9% de água, grande parte do K e Na ficam solubilizados na água residuária (Abreu et al., 2019). Porém, o menor teor de potássio presente em substrato composto por biossólido pode não ser limitante para algumas espécies (Cabreira et al., 2017). O cálcio e o magnésio também podem estar presentes no biossólido, principalmente em sua forma mineral (Abreu et al., 2019).

O biossólido pode ser também fonte de micronutrientes. Lobo et al. (2018), estudando LE compostado, observaram aumento do teor de B, Cu, Fe, Mn e Zn quando comparado ao substrato comercial (Lobo et al., 2018). Alguns compostos inorgânicos como o Mo, Cu e Zn, que aparecem na composição química do biossólido, são considerados micronutrientes essenciais para as plantas (Abreu et al., 2019). Entretanto, alguns micronutrientes presentes no LE podem estar em concentrações acima da exigência das plantas, promovendo ter efeitos fitotóxicos e prejudicando o desenvolvimento das espécies vegetais (Freitas et al., 2019).

A compostagem é capaz de alterar a composição do biossólido, podendo enriquecê-lo com nutrientes que estão em menor quantidade, de acordo com o material a ser adicionado ao processo. Gabira et al. (2021) observaram que o LE compostado com casca de eucalipto apresentou maior teor de K, S, Ca, Mg, Na, B, Fe e Mn quando comparado ao LE compostado com bagaço de cana, que obteve maiores valores de N e Zn.

Muitas reações físicas, químicas e biológicas do substrato dependem do pH, que afetam consequentemente o desenvolvimento das mudas. Em geral, os valores de pH entre 6,0 a 7,0 ocorre adequada disponibilidade de nutrientes nos substratos minerais, mas para substratos orgânicos, como é o caso do biossólido, esse valor pode variar de 5,2 a 5,5 (Abreu et al., 2019). Valores abaixo ou acima do ideal podem alterar a disponibilidade dos nutrientes no substrato, tornando mais ou menos disponível para as mudas.

O pH do biossólido, entretanto, pode ser variável de acordo com o tratamento que recebeu para higienização e estabilização. Gabira et al. (2021) observaram acidificação do pH do substrato com biossólido compostado em relação ao substrato comercial. Monteiro et al. (2019) observaram que os substratos à base de biossólido solarizado e na forma de biochar apresentaram pH médio de 7,64, considerado básico. O lodo da digestão anaeróbica, mesmo após a calagem, apresentou pH mais ácido (5,6) do que os da digestão aeróbica, que apresentaram valores de pH entre 6,8 e 7,1 (Silva et al., 2020). Santos et al. (2014) observaram que o lodo de esgoto filtro anaeróbio apresentou baixo pH (4,7), e nesse caso deve ser utilizado em conjunto com outros resíduos ou ter seu valor de pH corrigido, de forma a elevá-lo para a faixa ideal visando ao crescimento das mudas. No trabalho de Lobo et al. (2018) é possível notar um aumento linear entre a proporção lodo de esgoto compostado e o pH, atingindo o valor de 6,84 em substrato composto por 100% biossólido.

USO DO BIOSSÓLIDO COMO SUSBTRATO

Em geral, várias variáveis são responsáveis pela resposta da planta ao substrato composto com biossólido, dentre eles a proporção do LE no substrato, a espécie cultivada, tipo de tratamento o qual o resíduo foi submetido e os demais materiais usados formulação do substrato.

A maioria das pesquisas sobre o biossólido como componente de substrato para produção de mudas se concentra na área florestal. Abreu et al. (2017) observaram que as mudas produzidas nos tratamentos que continham biossólido em sua composição apresentaram parâmetros morfológicos de qualidade de mudas superiores ao substrato comercial (SC), recomendando a proporção de 50% biossólido e 50% substrato comercial para *Handroanthus heptaphyllus* (ipê roxo). Para a aroeira (*Schinus terebinthifolius*), é recomendando a utilização de 50 a 100% de biossólido na produção de mudas, devendo-se preferir usar maior quantidade de biossólido devido à economia quanto à aquisição de substratos comerciais à melhor destinação para esse resíduo sólido (Abreu et al., 2019).

Em mudas de *Eucalyptus grandis*, o substrato composto por 80% de lodo de esgoto + 20% de palha de café in natura apresentam maiores crescimento em altura, diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea, massa seca radicular e massa seca total das plantas (Caldeira et al., 2014). Entretanto, para outras espécies de eucalipto, como *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus globulus* Labill. e *Corymbia citriodora*, a utilização de 30%, 30% e 20% de biossólido em substituição ao SC se mostrou mais adequada para o desenvolvimento inicial das mudas (Freitas et al., 2019). Em *Eucalyptus urograndis*, o uso substrato composto por de biossólido e casca de pupunha tem viabilidade produção de mudas, com desempenho igual ou superior ao substrato comercial (Silva et al., 2018)

Para a quaresmeira (*Tibouchina granulosa*), Lobo et al. (2018) recomendam o uso de 25% a 75% de biossólido compostado em mistura ao substrato comercial, de modo que essas formulações proporcionam maiores valores em altura, diâmetro do coleto, produção de matéria seca e nutrição. Proporções de 20-40% de biossólido, complementado por composto orgânico, constituíram um substrato adequado para a produção de mudas *Aegiphila selloviana* (Caldeira et al., 2018). Lazo et al. (2021) concluíram que a utilização de lodo de esgoto e esterco bovino em substratos para produção de mudas de *Moringa oleifera* constitui uma alternativa adequada com resultados semelhantes aos obtidos com o SC.

Os melhores tratamentos para produção de mudas de *Acacia polyphylla* (manjoleiro ou angico-branco) em são formulações com 50-100% de biossólido compostado, resultando em melhor desenvolvimento das mudas em relação aos tratamentos que continham maiores quantidades de SC (Lanzeti et al., 2021). Para a produção de mudas mirindiba-rosa (*Lafoensia glyptocarpa*), os substratos que continham biossólido apresentaram superioridade em todas as características biométricas avaliadas em relação àquelas produzidas apenas com substrato comercial puro, sendo recomendada proporções entre 25 e 100% de lodo de esgoto tratado em mistura com SC. Em vinhático (*Plathymenia reticulata*), a proporção de 20% de LE e 80% de SC em se mostrou a mais adequada para produção de mudas, com padrão de crescimento semelhante àquelas produzidas em substrato comercial à base de casca de pinus

fertilizado. Nas espécies *Cedrela fissilis* e *Anadenanthera macrocarpa* (cedro e angico, respectivamente), a utilização de 50% a 75% de biossólido em relação ao substrato comercial promoveu médias superiores na maioria dos parâmetros avaliados, sendo, portanto, uma alternativa viável para a disposição final desse resíduo (Bortolini et al., 2017).

Cabreira et al. (2017) estudaram o efeito do biossólido na produção de mudas de três espécies florestais são nativas da Floresta Atlântica, de rápido crescimento e comumente encontradas em plantios para restauração florestal, sendo elas a *Peltophorobium dubim* (farinha seca), *Lafoensia pacari* (dedaleiro) e *Ceiba speciosa* (paineira). Os autores recomendam a proporção entre 40 a 80% de biossólido na composição do substrato, sendo proporções mais altas, próximas a 80%, capaz de reduzir o tempo de produção das mudas, fato de grande utilidade aos viveiristas.

O biossólido também tem sido estudado em algumas culturas agrícolas. Silva et al. (2020), ao estudarem produção de mudas de cana-de-açúcar, observaram que formulações com 33 e 50 % de lodo de esgoto anaeróbico aumentaram as variáveis de crescimento e nutricionais, quando comparado ao SC. Em alface, o substrato formulado composto por 20% biochar de lodo de esgoto, 40% vermiculita e 40% cinza de casca de arroz apresentou melhor desempenho entre os substratos estudados, promovendo maior altura, massa seca e área foliar (Monteiro et al., 2020).

Em relação às plantas frutíferas, a aplicação de lodo de esgoto em maracujá doce (*Passiflora alata* Curtis) favorece a emergência das sementes e o desenvolvimento de mudas (Freitas et al., 2015). Em mudas de mamão papaya Sunrise Solo, o composto de lodo de esgoto foi capaz de promover altura, diâmetro, massa seca, área foliar e índice de qualidade de Dikson semelhante estatisticamente às mudas produzidas em substrato comercial (Souza et al., 2021).

Para a planta ornamental croton (*Codiaeum variegatum*) concluíram que o composto de lodo de esgoto com bagaço de cana-de-açúcar ou casca de eucalipto, na proporção volumétrica de 1:1 com substrato comercial, pode ser utilizado como substrato para enraizamento e crescimento de estacas (Lopes et al., 2018). Para o jasmim amarelo (*Jasminum mesnyi*), Scheer, Carneiro, Bressan e Santos (2012) observaram maior crescimento das mudas com biossólido compostado na proporção 3:1 apresentaram resultados superiores ao substrato comercial adicionado com a dose de 2,7 g dm^{-3} de fertilizante para a maioria das variáveis.

Entretanto, o uso de substrato composto apenas por biossólido não é recomendado para todas as espécies. De acordo com Lopes et al. (2018), o substrato composto por 100% de lodo de esgoto compostado com bagaço de cana ou casca de eucalipto prejudicou o enraizamento das estacas de cróton. Caldeira et al. (2018) afirmam que o tratamento composto apenas por lodo de esgoto não foi eficiente para a produção de mudas de *Aegiphila sellowiana*. No vinhático, maiores proporções de LE promoveu a redução no crescimento aéreo das mudas, menor área foliar, massa seca da parte aérea e do sistema radicular (Siqueira et al., 2019). Monteiro et al. (2020) observaram redução do crescimento de alface em proporções maiores que 30% de biochar de lodo de esgoto no substrato.

O tratamento ao qual o lodo de esgoto foi submetido pode influenciar no desenvolvimento das mudas. Silva et al. (2020) observaram que gemas de cana-de-açúcar brotaram mais cedo e obtiveram maior altura nas formulações com lodo de tratamento aeróbio em relação às aos substratos compostos por biossólido de tratamento anaeróbio. Monteiro et al. (2020) afirmam que o biochar feito a partir de lodo de esgoto é mais eficaz em comparação ao lodo de esgoto solarizado como componente de substratos, pois a solarização aumenta a capacidade de retenção de água, que afeta negativamente a aeração e consequentemente o desenvolvimento de mudas. Fato corroborado por Monteiro et al. (2017), no qual observaram em mudas de alface que doses acima de 30% de biossólido solarizado não promoveu a emissão de folhas verdadeiras, enquanto mudas com substrato à base biochar de LE não apresentaram esse problema.

Além de favorecer o crescimento inicial das mudas, o biossólido é capaz de promover aumento do teor e acúmulo de nutrientes pelas plantas, devido seu alto valor nutricional. Siqueira et al. (2018) verificaram maior conteúdo de N, P e K nas mudas produzidas com biossólido em relação ao SC, demostrando que o resíduo é capaz de suprir as necessidades nutricionais das mudas de mirindiba-rosa, promovendo maior absorção desses nutrientes. Lobo et al. (2018) observaram que em mudas de quaresmeira, o biossólido na proporção de 75% promoveu maior acumulo de N, K, Ca, Mg, B e Zn na parte área. Caldeira et al. (2018) observaram que o biossólido foi eficiente em aumentar o acumulo de N, P, K, Ca, Mg e S nas plantas de *Aegiphila sellowiana*, quando comparado com o SC.

Entretanto, segundo Souza et al. (2021), o biossólido foi capaz de aumentar o teor foliar de metais pesados como Zn, Cu, Ni e Se quando comparado ao SC, em mudas de mamão. Desse modo, ao utilizar o LE como substrato, é necessário um acompanhamento e monitoramento, pois o excesso desses nutrientes nas plantas pode reduzir seu crescimento e causar toxidade.

CONCLUSÃO

O biossólido, devido seu alto teor de matéria orgânica e a presença de macro e micronutrientes, tem potencial para ser utilizado como substrato para a produção de mudas florestais e agrícolas. O resíduo é capaz de aumentar o crescimento e melhorar a nutrição das mudas, sendo capaz de reduzir o tempo de viveiro e o custo com aquisição de substratos.

Entretanto, deve ser utilizado com cautela, pois apesar de ter boas características químicas, seus atributos físicos podem não ser adequados para o desenvolvimento de todas as espécies. A proporção ideal do biossólido no substrato depende da espécie vegetal e o tratamento o qual o resíduo foi submetido. Desse modo, as pesquisas têm obtido sucesso com formulação para diversas espécies florestais, com possibilidade de estudos também para espécies frutíferas, agrícolas e paisagísticas.

AGRADECIMENTO

A primeira autora agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pela concessão da bolsa de doutorado por meio do edital nº 13/2019 - PROCAP 2020.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, A. H. M., Alonso, J. M., Melo, L. A., Leles, P. S. S., & Santos, G. R. (2019). Caracterização de biossólido e potencial de uso na produção de mudas de *Schinus terebinthifolia* Raddi. Engenharia Sanitaria e Ambiental, 24, 591-599.

Abreu, A. H. M., Leles, P. S. S., Melo, L. A., Oliveira, R. R., & Ferreira, D. H. A. A. (2017). Caracterização e potencial de substratos formulados com biossólido na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos. Ciência Florestal, 27, 1179-1190.

Afáz, D. C. d. S., Bertolazi, K. B., Viani, R. A. G., & Souza, C. F. (2017). Composto de lodo de esgoto para o cultivo inicial de eucalipto. Revista Ambiente & Água, 12, 112-123.

Bonini, C. S., Alves, M. C., & Montanari, R. (2015). Lodo de esgoto e adubação mineral na recuperação de atributos químicos de solo degradado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 19, 388-393.

Bortolini, J., Tessaro, D., Gonçalves, M. S., & Oro, S. R. (2017). Lodo de esgoto e cama de aviário como componente de substratos para a produção de mudas de *Cedrela fissilis* e *Anadenanthera macrocarpa* (Benth). Brenan. Scientia Agraria, 18(4), 121-128.

Cabreira, G. V., dos Santos Leles, P. S., Alonso, J. M., de Abreu, A. H. M., Lopes, N. F., & dos Santos, G. R. (2017). Biossólido como componente de substrato para produção de mudas florestais. Floresta, 47(2), 165-176.

Caldeira, M. V., Santos, F. E., Kunz, S. H., Klippel, V. H., Delarmelina, W. M., & Gonçalves, E. O. (2018). Solid urban waste in the production of *Aegiphila sellowiana* Cham. seedlings. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 22, 831-836.

Caldeira, M. V. W., Oliveira Gonçalves, E., Trazzi, P. A., Delarmelina, W. M., & Rocha, R. L. F. (2014). Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando lodo de esgoto, fibra de coco e palha de café in natura. Floresta, 44(2), 195-206.

Freitas, A. R., Lopes, J. C., Alexandre, R. S., Venancio, L. P., & Zanotti, R. F. (2015). Emergência e crescimento de mudas de maracujá doce em função de substratos e luz. Comunicata Scientiae, 6(2), 234-240.

Freitas, D. A., Alvarenga, A. C., & Durães, A. F. S. (2019). Adição de lodo de esgoto ao substrato comercial para produção de mudas de espécies florestais. Brazilian Journal of Animal Environmental Research, 2(5), 1761-1767.

Gabira, M. M., Silva, R. B. G., Bortolheiro, F. P. A. P., Mateus, C. d. M. D. A., Boas, R. L. V., Rossi, S., Girona, M. & Silva, M. R. (2021). Composted sewage sludge as an alternative substrate for forest seedlings production. iForest-Biogeosciences Forestry, 14(6), 569.

Lanzeti, N. G. A. A., Chimini, A. C., Neto, M. S., Paz, M. F., & Siqueira, M. V. B. M. (2021). Lodo de esgoto compostado e diferentes lâminas de irrigações no desenvolvimento de *Acacia polyphylla*. Journal of Biotechnology and Biodiversity, 9(2), 201-211.

Lazo, J. A., Vieira, I. T. R., Fernandes, M. F. R., Rocha, L. M., Ferreira, G. A. P., Zuba Junio, G. R., Santos, L. D. T. & Sampaio, R. A. (2021). Growth and development of *Moringa oleifera* seedlings, produced in substrates with sewer sludge and bovine manure. Cuban Journal of Agricultural Science, 55(2), 1-10.

Lobo, T. F., Oliveira, F. C., Morgado, B. T., & Siqueira, M. V. B. M. (2018). Diferentes misturas de substratos com lodo de esgoto compostado enriquecido e substrato comercial em quaresmeira. Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science, 7(1), 326-340.

Lopes, M. C., Mateus, C. d. M. D. A., Alves, D. A. d. S., Tavares, A. R., Sanches, L. V. C., & Bôas, R. L. V. (2018). Sewage sludge compost as a substrate for croton seedlings production. Ornamental Horticulture, 24(4), 380-386.

Martins, C. A. C., Santos, F. S., Portz, A., & Santos, A. M. (2018). Desenvolvimento inicial do milho (*Zea mays* L.) em substrato contendo lodo de esgoto compostado. Brazilian Journal of Environmental Sciences, 48, 69-79.

Monteiro, A. B., Bamberg, A. L., Pereira, I. S., Stöcker, C. M., & Timm, L. C. (2019). Características físico-hídricas de substratos formulados com lodo de esgoto na produção de mudas de acácia-negra. Ciência florestal, 29, 1428-1435.

Monteiro, A. B., dos Santos Pereira, I., Stöcker, C. M., Peres, M. A., Martinazzo, R., Bamberg, A. L., & Timm, L. C. J. (2017). Substratos a base de lodo de esgoto solarizado e pirolizado para produção de mudas de alface. Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp, 2571-2583.

Monteiro, A. B., Pereira, I. d. S., Bamberg, A. L., Stöcker, C. M., & Timm, L. C. (2020). Substrates for seedlings with sewage sludge and biochar. Revista Ceres, 67, 491-500.

Santos, F. E., Kunz, S. H., Caldeira, M. V., Azevedo, C. H., & Rangel, O. J. (2014). Características químicas de substratos formulados com lodo de esgoto para produção de mudas florestais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 18(9), 971-979.

Scheer, M. B., Carneiro, C., Bressan, O. A., & Santos, K. G. (2012). Mudas de *Jasminum mesnyi* Hance produzidas com substratos à base de lodo de esgoto compostado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 16, 931-937.

Silva, F. A. M., Nunes, G. M., Zanon, J. A., Guerrini, I. A., & Silva, R. B. (2018). Resíduo agroindustrial e lodo de esgoto como substrato para a produção de mudas de *Eucalyptus urograndis*. Ciência florestal, 28, 827-835.

Silva, M. T., Martinazzo, R., Silva, S. D. A., Bamberg, A. L., Stumpf, L., Fermino, M. H., Kohler, T. W., Matoso, E. S. & Valgas, R. A. (2020). Innovative substrates for sugarcane seedling production: Sewage sludges and rice husk ash in a waste-to-product strategy. Industrial Crops and Products, 157, 112812.

Siqueira, D. P., Barroso, D. G., Carvalho, G. C. M. W., Erthal, R. M., Rodrigues, M. C. C., & Marciano, C. R. (2019). Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Plathymenia reticulata* Benth. Ciência florestal, 29, 728-739.

Siqueira, D. P., Carvalho, G. C. M. W., Barroso, D. G., & Marciano, C. R. (2018). Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Lafoensia glyptocarpa*. Floresta, 48(2), 277-284.

Souza, F. E. C., Natale, W., Braga, M. d. M., Mesquita, R. O., & Costa, R. S. (2021). Growth and accumulation of nutrients in papaya tree seedlings grown on organic substrates. Revista Ceres, 68, 267-275.

Capítulo 10

Atributos físicos de uma topossequência de Luvissolos Crômicos (TC) no Semiárido paraibano

Recebido em: 10/06/2022
Aceito em: 16/06/2022
10.46420/9786581460419cap10

Cristiano dos Santos Souza[1]
Rodrigo Santana Macedo[2]
Vanessa dos Santos Gomes[2]
Victor Félix de Lima Júnior[3]
Letícia Moro[2*]
Alexandre Pereira de Bakker[2]

INTRODUÇÃO

O Semiárido brasileiro (SAB) abrange mais de 89% da região Nordeste do país e é caracterizado por apresentar média de precipitação anual inferior a 800 mm, índice de aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50 e déficit hídrico maior que 60% durante maior parte do ano (IBGE, 2018).

Salvo os solos desenvolvidos de rochas sedimentares e de cobertura pedimentar, a maioria das manchas de solo dessa região são tidos como rasos (< 50 cm) a pouco profundos (50 a 100 cm), com presença de frações grosseiras, em superfície ou no volume de solo, principalmente nos ambientes onde o clima seco é mais agravante (CREA-PE, 2017; Araújo Filho et al., 2019).

Nesse caso, destacam-se como mais representativas desta região as ordens dos Neossolos, Planossolos e Luvissolos (CREA-PE, 2017), as quais são expostas aos fatores erosivos, principalmente nas áreas do Nordeste brasileiro onde a susceptibilidade à desertificação é mais acentuada (Ribeiro Filho et al., 2016).

Dentre estes, os Luvissolos têm sofrido intensa erosão em maior frequência, por apresentar elevada importância agrícola e serem utilizados para atividades extensivas devido à sua considerável fertilidade quando comparado aos demais. Por vezes chega a ser totalmente removido ou alterado a ponto de não pertencer mais a ordem (CREA-PE, 2017).

Para desenvolver técnicas de recuperação e/ou conservação de solos adequadas e de custo acessível é necessário realizar estudos comparativos que possam estimar o grau de degradação em que os solos se encontram.

É sabido que os processos degradativos do solo podem ocorrer tanto em áreas com vegetação preservada quanto em áreas com ausência ou pouca cobertura vegetal (Vendruscolo, 2017), entretanto,

[1] Universidade Estadual da Paraíba.
[2] Instituto Nacional do Semiárido.
[3] Associação Potiguara Paraíbamel.
[*] Autora correspondente: leticia.moro@insa.gov.br

são escassos os estudos que se dedicam a nível de horizontes do solo ou de camadas diferentes da superficial, não respondendo adequadamente aos impactos ocorrentes em subsuperfície, informações de grande importância para a compreensão dos processos evolutivos (Santos-Francés et al., 2019).

Deste modo, para definir parâmetros comparativos é fundamental a obtenção de informações das condições naturais e/ou iniciais dos solos. Segundo a USDA (2017), o termo solos referência (SR) corresponde a solos que apresentam características taxonômicas chave, tais como: representatividade de uma dada região; significativa importância ecológica; são solos sob vegetação natural e/ou com o mínimo de intervenção antrópica. No SAB, o agravante remete à dificuldade de encontrar solos nestas condições devido à remoção da vegetação nativa e sua localização que, muitas vezes, está em áreas de difícil acesso.

Nesse contexto, a presente pesquisa teve como objetivo caracterizar os atributos físicos de solos de referência de uma topossequência de Luvissolos Crômicos (TC), sob vegetação regenerada, no município de Sumé-PB, no Semiárido brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Seleção da área de estudo

A reserva experimental está localizada em Sumé-PB (Figura 1), pertencente ao Laboratório de Ecologia e Botânica, do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Sumé-LAEB/CDSA/UFCG. Trata-se de uma área demarcada e controladamente preservada, com vegetação predominante do tipo Caatinga hipoxerófila, em estágio considerável de regeneração, estimado em mais 30 anos.

Conforme Koeppen-Geiger (1928), o clima predominante é o do tipo Bsh-semiárido quente, com precipitação média anual de 538 mm. O relevo da área foi classificado como suave ondulado (Santos et al., 2015).

Na área, foram determinados 3 pontos de coleta que podem ser observados na Figura 2. Onde P1 localiza-se no terço superior, P2 no terço médio e P3 no terço inferior da vertente.

Elaboração das trincheiras pedológicas e coleta de amostras

Em cada ponto foi elaborada uma trincheira pedológica (Santos et al., 2015), compondo uma topossequência, para a caracterização morfológica e identificação parcial da classe de solo até o segundo nível categórico.

Os solos da área foram classificados como Luvissolos Crômicos, segundo os critérios descritos no Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015) e conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos-SiBCS (EMBRAPA, 2018).

Amostras deformadas e indeformadas foram coletadas nos horizontes diagnósticos de cada perfil pedológico, devidamente acondicionadas em sacos plásticos identificados e encaminhadas ao Laboratório

de Física do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural-DSER, do Centro de Ciências Agrárias-CCA/UFPB.

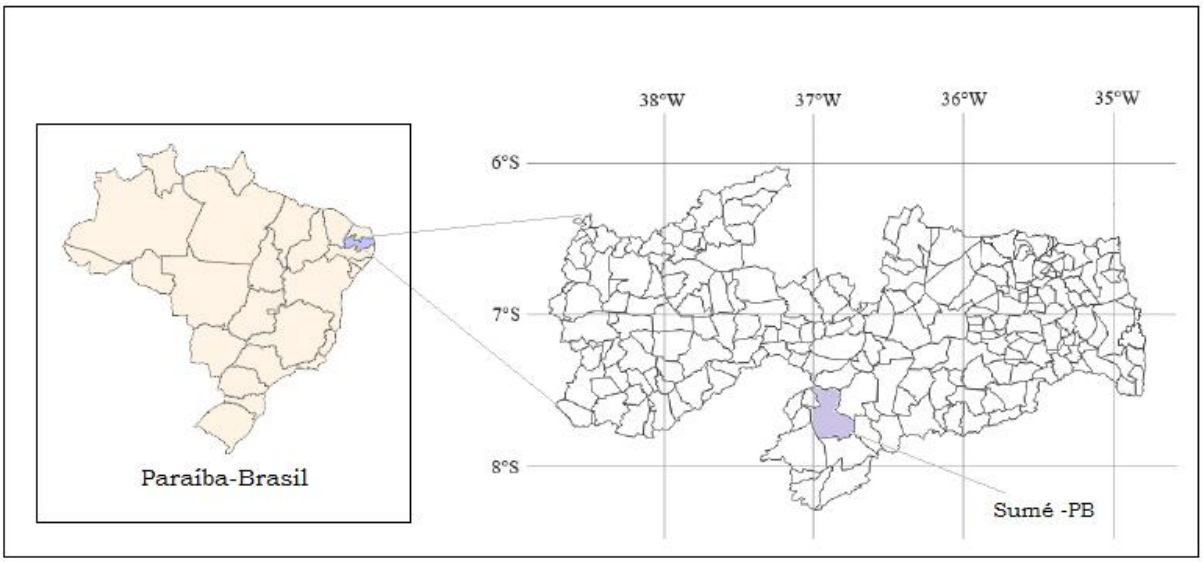


Figura 1. Localização geográfica do município de Sumé-PB, Brasil. Fonte: adaptada do Google Imagens, 2020.

Figura 2. Localização dos pontos de coleta na área regenerada/preservada da UFCG, Campus Sumé-PB. O ponto vermelho representa o portão de entrada do Campus e os pontos em amarelo marcam os locais onde as trincheiras foram elaboradas. Fonte: Google Earth©, 2020.

Resistência mecânica do solo a penetração (RMP)

Simultaneamente à seleção dos pontos, foram realizadas as determinações de resistência do solo à penetração (RP) com o auxílio de um penetrômetro de impacto de Stolf modelo IAA/Planasulcar-Stolf (Stolf et al., 1983).

O equipamento apresenta as seguintes características: êmbolo com massa de 4,0 kg; curso de queda livre de 0,40 m; cone com ângulo sólido de 30º, área de base de 0,2 pol^2 (0,0128 m de diâmetro); e diâmetro da haste em torno de 0,0095 m.

O método analítico empregado foi semelhante ao usado por Vogel et al. (2018), em seus estudos de resistência mecânica à penetração do solo.

O penetrômetro de impacto foi posicionado próximo do ponto georreferenciado e feita uma leitura da régua a cada cinco impactos causados ao soltar o êmbolo, até chegar uma profundidade de aproximadamente 50,0 cm, sendo realizada cinco avaliações por ponto. Os dados obtidos foram submetidos a seguinte fórmula (Stolf et al., 1983; Stolf, 1991; Stolf et al., 2014; Vogel et al., 2018):

$$RMP = \left(5{,}6 + 6{,}89 * \left(\frac{N}{D - A}\right) * 10\right) * 0{,}0981$$

Onde: RMP é a resistência mecânica do solo à penetração, dado em MPa; N é o número de impactos efetuados para obtenção da leitura; e D e A são, respectivamente as leituras posteriores e anteriores, dadas em cm.

Tratamento inicial das amostras e metodologia aplicada

Procederam-se a metodologia descritas no Manual de Métodos de Análise de Solo da Embrapa (Teixeira et al., 2017).

As amostras deformadas foram secas à sombra, destorroadas e tamisadas em peneira de malha de 2,00 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA) e foram submetidas à análise de granulométrica (textura do solo) e argila dispersa em água e densidade de partículas e estabilidade de agregados do solo.

Análise granulométrica e textura do solo

Foram tomadas 20 g de TFSA e expostas a uma solução dispersante de NaOH 1,0 mol L^{-1} somada a água destilada, numa proporção de 2:1:10 (solo: dispersante: água destilada). A mistura foi agitada posta para descansar por uma noite. Após, foi tamisada em uma peneira de 0,053 mm com jatos de água destilada para remover as frações menores.

O produto retido na peneira foi levado a estufa com temperatura pré-ajustada de 105 ± 1 °C para secagem e a massa determinada em balança de precisão de 2 casas decimais para obtenção da fração areia total (AT). Esse material ainda foi tamisado por uma peneira de 0,250 mm, na qual separou a fração areia em areia grossa e fina (simultaneamente, AG e AF), através da fórmula (Klein, 2014):

$$AT = \frac{m_A}{m_i} \times 1000$$

Em que: AT é a areia total, em g kg^{-1}; m_A representa a massa de areia seca em estufa, em g e m_i representa a massa inicial de solo, dada em g.

A mistura transpassada foi despejada em uma proveta de 1000 mL, aferida ao volume total com água destilada e agitada. Após 3:30h (segundo a lei de Stokes, em temperatura média de 25 ± 2 °C), foi retirada uma alíquota de 25 mL, dentro de 5,0 cm de profundidade e colocada em um béquer de 25 mL de massa conhecida. Esse foi levado a uma estufa com temperatura pré-ajustada de 105 ± 1 °C para secagem. A massa total foi determinada em balança de precisão de 4 casas decimais. A diferença entre a massa total e a massa do béquer favoreceu a determinação da fração argila total, através das fórmulas adaptadas de Klein (2014):

$$A = \frac{1000 \times A_p}{25} \quad [1]$$

$$a_{total} = \frac{1000 \times A}{m_i} \quad [2]$$

Em [1]: A representa a argila contida na proveta de 1000 mL, dada em g; e A_p é a massa da argila pipetada contida no béquer seco em estufa, em g.

Em [2]: a_{total} representa a concentração de argila total, dada em g kg^{-1}; A é a argila contida na proveta de 1000 mL, obtida pela fórmula [1], em g; e m_i é a massa inicial de solo usada na análise, em g

A fração silte foi determinada pela diferença entre soma da areia total e argila total e 1000 g de solo, dada em g kg^{-1}.

O triângulo textural (Klein, 2014; Santos et al., 2015; Embrapa 2018) auxiliou na determinação da classe textural para cada horizonte do perfil de solo através da relação dos teores totais de areia e argila.

Argila dispersa em água

A argila natural ou argila dispersa em água (ADA) foi obtida pelo mesmo procedimento da etapa de determinação da argila total na análise granulométrica, entretanto, sem a utilização de solução dispersante e levando em consideração apenas a fração argila das amostras de TFSA.

Densidade de partículas (Dp)

A densidade de partículas foi verificada pelo método do balão volumétrico. Balões volumétricos de 50 mL foram aferidos com água deionizada desaerada. Após, foram tomadas 20 g de TFSA e colocadas em recipiente de massa conhecida para ser levada à estufa a 105 ± 1 °C por uma noite.

No dia seguinte, as amostras foram transferidas para os balões aferidos e foi adicionado álcool etílico até cobrir as amostras. Foram deixadas em repouso por cerca de 30 minutos e aferidas com álcool etílico. O volume de álcool gasto foi devidamente registrado e a densidade de partículas obtida através da fórmula:

$$Dp = \frac{m}{(Vt - Vu)}$$

Em que: Dp é a densidade de partículas, dada em $g.cm^{-3}$; m corresponde a massa de solo seco; Vt é o volume total aferido do balão, em mL e Vu é o volume gasto para completar o balão junto com a amostra.

As amostras indeformadas foram submetidas às análises de densidade do solo (Ds) e as determinações do diâmetro médio ponderado de agregados secos (DMPAs) e diâmetro médio ponderado de agregados úmidos (DMPAu), que compõem o índice de estabilidade de agregados (IEA).

Densidade do solo (Ds)

Para a determinação da Ds as amostras indeformadas ou torrões de solo foram fragmentadas em subamostras menores, executando o procedimento nos pontos de fraqueza. Foram selecionadas 4 subamostras com aproximadamente o mesmo tamanho (cerca de 5,0 cm) e mesma conformidade. As subamostras tiveram sua massa terminada em balança analítica e uma de cada subamostra levada a estufa pré-aquecida a 105 ± 1 °C para determinação da umidade. As demais foram ligeiramente imersas, com o auxílio de um barbante, a parafina liquefeita a aproximadamente 65 ± 1 °C e deixadas para esfriar.

As subamostras impermeabilizadas com parafina foram suspensas pelo barbante e mergulhadas em um béquer de 250 mL, cheio com água destilada até a marca máxima. A massa e temperatura da água foram previamente medidas. A diferença entre a massa de água inicial e a massa deslocada refletem o volume da subamostra. A razão entre a massa da subamostra e seu respectivo volume determinaram a densidade do solo.

Porosidade total

Foi determinada pelo método indireto através da fórmula:

$$Pt = \frac{D_s - D_p}{D_p}$$

Em que: Pt é a porosidade total, dada em $m^3.m^{-3}$; Dp representa a densidade de partículas, em g cm^{-3} e Ds trata-se da densidade do solo, dada também em g cm^{-3}.

Índice de estabilidade dos agregados (IEA)

As amostras indeformadas foram fragmentadas e tamisadas em uma peneira de 9,56 mm de espessura de malha. As amostras foram misturadas uniformemente, para evitar favorecimento para qualquer tamanho de fração, com o auxílio de um forro plástico, onde as amostras eram espalhadas e misturadas com movimentos em "x", alternadamente.

Com o auxílio de uma concha adaptada foram retiradas três subamostras, pesadas e destinadas: uma para secagem em estufa a 105 ± 1 °C e determinação da umidade relativa. A outra subamostra foi

destinada ao peneiramento a seco, em um jogo de tamis nas malhas de 2,00, 1,00, 0,50, 0,25, 0,106 e 0,053 mm, sobre um peneirador magnético operando em carga máxima durante 60 segundos.

As massas dos materiais retidos foram medidas em uma balança de precisão com 4 casas decimais e seus valores contribuíram para determinar o diâmetro médio ponderado de agregados por via seca através da fórmula:

$$DMPAs = \Sigma(x_{is} * w_{is})$$

Em que: DMPAs compreende o diâmetro médio ponderado de agregados, por via seca, em mm; w_{is} proporção de agregados em cada peneira (i), por via seca, em % e x_{is} corresponde ao diâmetro médio de cada classe, por via seca, em mm.

A terceira subamostra foi destinada ao peneiramento úmido. Inicialmente as subamostras foram colocadas em recipientes furados e forrados por um papel-filtro, imersos numa lâmina de água de 0,6-1,0 cm de altura, para saturarem por capilaridade, durante uma noite.

No dia seguinte, as subamostras saturadas foram lavadas para um recipiente de aproximadamente 1000 mL contendo um volume de água destilada correspondente a cerca de metade de sua capacidade. O recipiente foi acoplado a um agitador orbital-vertical e processado por 2 min programado a 20 oscilações min^{-1}. A mistura foi despejada em um jogo de peneiras de malhas 2,00, 1,00 e 0,25 mm, submerso em um béquer plástico de 4000 mL e acoplado a um agitador de peneiras vertical, programada com 30 oscilações min^{-1}.

Após 15 min de agitação, o jogo de peneiras foi removido do equipamento e as frações retidas passadas para placas de Petri e levadas à estufa a 105 ± 1 °C. A mistura contida no béquer de 4000 mL foi tamisada nas peneiras de 0,106 e 0,053 mm para obtenção das frações menores. Essas foram colocadas em placas de Petri e levadas à mesma estufa.

As frações de agregados menores que 0,053 mm (tamanho silte e argila) foram estimadas por diferença da massa inicial da subamostra. As massas foram medidas e obteve-se o diâmetro médio ponderado dos agregados, por via úmida, pela fórmula:

$$DMPAu = \Sigma(x_{iu} * w_{iu})$$

Em que: DMPAu é o diâmetro médio ponderado de agregados, por via úmida, em mm; w_{is} proporção de agregados em cada peneira (i), por via úmida, em % e x_{is} corresponde ao diâmetro médio de cada classe, por via úmida, dado em mm.

A razão percentual entre o DMPAu e DMPAs determinou o índice de estabilidade dos agregados (IEA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através das características morfológicas, foram identificadas as sequências de horizontes A1, A2, Bt e CB para o perfil 1 (P1); A, Bt e CB para o perfil 2 (P2) e A, Bt e CB para o perfil 3 (P3). Os resultados

referentes às análises granulométricas, argila dispersa em água (ADA), grau ou índice de floculação (IF), relação silte/argila (S/A) e classe textural estão representados na Tabela 1.

Foi verificada predominância da fração areia total (AT), nos horizontes superficiais (horizontes A) e nos horizontes próximos do material de origem (CB), no entanto, os maiores teores de argila foram somente encontrados nos horizontes Bt, em todos os perfis de solo analisados.

Na natureza, o incremento de argila nos horizontes subsuperficiais pode ser por produção *in situ*, ou seja, oriunda diretamente do material de origem, por processos de argiluviação, que consistem na migração de argila dos horizontes superficiais (eluviais) para o subsuperficiais (iluviais) ou por elutriação, que consiste na remoção das partículas mais finas das camadas mais próximas da superfície (Ker et al. 2015), consolidando o gradiente textural que também é uma das características que podem ser identificadas na ordem dos Luvissolos (FAO, 2015; CREA-PE, 2017; EMBRAPA, 2018).

No P2 a pouca distinção do gradiente textural entre os horizontes diagnósticos pode ser uma evidência dos processos de remoção e/ou transporte de partículas finas na formação do solo. O material fino dos horizontes superficiais localizados no terço superior da vertente, pode ter sido transportado pela ação água e depositado gradativamente no horizonte A do P2. Gonçalves e colaboradores (2019) relatam que, em condições de semiárido, processos de translocação lateral de argila podem ser predominantes na aquisição de gradiente textural e consequentemente na formação de Luvissolos.

Tabela 1. Análises físicas dos perfis de Luvissolos Crômicos, Sumé-PB. Fonte: os autores.

Perfis e Horizontes	Camada	Análise granulométrica						IF	S/A	Classe Textural
		Areia			Silte	Argila				
		AG	AF	AT		Total	ADA	%		
	cm	---------- g.kg^{-1} ----------								
P1 A1	0-12	281	273	554	312	134	25	81	2,3	Franca arenosa
P1 A2	12-26	275	249	524	307	169	51	70	1,8	Franca arenosa
P1 Bt	26-46	250	119	369	261	370	79	79	0,7	Franca argilosa
P1 CB	46-80	402	180	582	314	105	26	75	3,0	Franca arenosa
P2 A	0-11	261	222	483	325	192	51	73	1,7	Franca
P2 Bt	11-25	311	131	442	343	215	52	76	1,6	Franca
P2 CB	25-52	412	123	535	341	124	39	69	2,8	Franca arenosa
P3 A	0-11	212	228	440	327	233	77	67	1,4	Franca
P3 Bt	10-32	182	208	390	284	326	91	72	0,9	Franca argilosa
P3 CB	32-50	292	191	483	327	190	65	66	1,7	Franca

AG – Areia grossa; AF – Areia fina; AT – Areia total; ADA – Argila dispersa em água; S/A – Relação silte/argila; IF – Índice de floculação.

Os teores de silte foram menores nos horizontes Bt dos perfis P1 e P3 (respectivamente, 261 e 284 g kg^{-1}) e P2 demonstrando pouco mais de 34% da massa de solo, porém, com comportamento aparentemente uniforme do decorrer desse perfil (325, 343 e 341 g.kg^{-1}, respectivamente em A, Bt e CB).

Conforme Resende et al. (2014), esta situação pode representar o grau de evolução do solo, bem como do seu potencial em conter minerais primários facilmente intemperizáveis. Algo que compreende o relatado por CREA-PE (2017) e Embrapa (2018), por se tratar de um solo com fertilidade química considerável, com alta saturação por bases e alta capacidade de troca de cátions (CTC). Entretanto, segundo a World Reference Base for Soil Resources-WRB (FAO, 2015), Luvissolos quando apresentam teores consideráveis de silte predizem elevada susceptibilidade à deterioração da estrutura quando sujeitos à umidade.

Os resultados referentes aos teores de silte e argila total influenciaram diretamente na relação silte/argila (S/A). Com exceção de P2, onde os maiores valores da relação silte/argila foram observados mais próximos à superfície e próximos ao material de origem.

Conforme Teixeira, et al. (2017), a relação S/A do solo corresponde também ao grau de evolução do solo, tão como a ocorrência de processos de argiluviação. Comportamento semelhante foi identificado por Câmara (2016) em perfis de Luvissolos, associando a maior S/A em superfície a possível remoção e/ou destruição de argila.

Assim sendo, estes solos apresentam alta sensibilidade a processos erosivos, principalmente, quando desprovidos de proteção vegetal. Durante enxurradas oriundas de chuvas torrenciais, devido à irregularidade de precipitação pluviométrica característica da região semiárida nordestina (Barboza et al., 2020), pode ocorrer redução na velocidade de infiltração de água, resultante do acúmulo de finos em subsuperfície, gerando lençóis suspensos que podem transportar partículas maiores e acarretar perdas de solo consideráveis por erosão hídrica.

Em geral, os teores de argila dispersa em água (ADA) foram baixos sendo o menor observado no horizonte A do P1 (25 g kg^{-1}) e o maior no Bt do P3 (91 g kg^{-1}). Mesmo assim, nos perfis P1 e P3, foram levemente mais elevados em Bt (na ordem, 79 e 91 g kg^{-1}) quando comparados aos demais horizontes.

Em P2 os teores de ADA do horizonte Bt foram bem próximos aos do A (52 e 51 g kg^{-1}, respectivamente), sendo ambos maiores que CB (39 g kg^{-1}). Pelas condições semiáridas as quais foi descrito, os valores diferem dos encontrados por Gonçalves et al. (2019).

Segundo Klein (2014), valores baixos de ADA conferem ao solo maior estabilidade de agregados e baixa erodibilidade. Tal comportamento promoveu um elevado índice de floculação (IF), que se estimou entre 66 e 81% nos perfis, sendo levemente maiores nos horizontes identificados como Bt. Esse comportamento pode estar relacionado aos teores de matéria orgânica, Fe e Al, que, quando em concentrações elevadas suscitam propriedades que causam floculação.

Quanto à classificação textural, o perfil P1, variou entre os horizontes, de franca arenosa (A1, A2 e CB) e franca argilosa (Bt). Há incremento considerável de argila no horizonte Bt (B textural), contrastando aos horizontes superficiais e compreendendo a presença de gradiente, corroborou a mudança de classe textural do horizonte superficial para o subsuperficial (Santos et al., 2015; IBGE, 2015; EMBRAPA, 2018). No perfil P3 o comportamento foi semelhante ao P1, sendo que a textura variou de franca (A e CB) a franca argilosa (Bt).

No perfil P2, no entanto, a pouca variação granulométrica entre os horizontes A e Bt e os teores elevados de areia e silte determinaram a classe textural como franca nos respetivos horizontes pedogenéticos, e como franca arenosa em CB. Os valores são próximos (respectivamente, 192 e 215 $g.kg^{-1}$, em A e Bt), não sendo verificado gradiente textural. Provavelmente, o acúmulo de argila neste horizonte superficial é resultante de um processo iluvial, proveniente dos horizontes superficiais de solos da parte superior da vertente.

Os resultados referentes à densidade do solo (Ds) e de partículas (Dp), assim como a estimativa de porosidade total (PT), estão representadas na Tabela 2.

Nas condições naturais, foram encontrados valores de densidade do solo (Ds) entre 1,56 e 1,75 g cm^{-3} na toposequência. Em P1 e P2 os valores foram ligeiramente maiores nos horizontes subsuperficiais. Em P3 a densidade do solo foi levemente maior no horizonte A (1,61 g cm^{-3}), porém, não muito distante do valor encontrado no horizonte Bt (1,56 g cm^{-3}).

Tabela 2. Densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total dos perfis analisados. Fonte: os autores.

Perfil e Horizonte	Densidade		Porosidade total (Pt)
	Solo (Ds)	Partícula (Dp)	
	---------- g cm^{-3} ----------		$m^3\ m^{-3}$
P1 A1	1,67	2,66	0,37
P1 A2	1,65	2,56	0,36
P1 Bt	1,75	2,68	0,35
P2 A	1,61	2,80	0,43
P2 Bt	1,66	2,70	0,39
P3 A	1,61	2,61	0,38
P3 Bt	1,56	2,53	0,38

A proximidade dos valores pode estar relacionada com a granulometria evidenciada nos perfis, tendo concentrações consideráveis de frações primárias e finas (Silte) presentes nos horizontes subsuperficiais. Os valores encontrados foram pouco maiores aos descritos por Arcoverde et al. (2018), em superfície, sob vegetação de Caatinga. Suszek et al. (2019) observaram valores semelhantes de Ds na

superfície de um Luvissolo Crômico e constataram que o solo apresenta maior sensibilidade à variação de densidade quando relacionado com a condutividade hidráulica do solo.

Um dos problemas decorrentes dessa variação pode ser o identificado por CREA-PE (2017), em sistemas irrigados a variabilidade espacial destes solos pode promover o desenvolvimento de bolsões de água em camadas mais profundas que podem reagir a minerais primários facilmente intemperizáveis do solo e, liberando compostos (sais) que ascenderem por capilaridade e podem gerar salinidade aos solos.

A densidade de partículas (Dp) apresentou o mesmo comportamento que a Ds, entretanto, variando entre 2,53 e 2,80 g cm^{-3}. Os maiores valores foram encontrados em P2, nos horizontes avaliados (2,80 e 2,70 g cm^{-3}, correspondendo a A e Bt).

Os calores de porosidade total (Pt) variaram de 0,35 a 0,43 m^3 m^{-3}, sendo esses valores observados no horizonte Bt do P1 e A do P2, respectivamente. Estes valores foram próximos aos relatados por Arcoverde et al. (2018) e Volungevicius et al. (2019) na caracterização de Luvissolos.

Em tese, a matéria orgânica, composta principalmente por restos vegetais e animais em variados estágios de decomposição, normalmente presente em superfície tende a alterar propriedades físicas dos solos. Estudos referentes ao incremento de materiais orgânicos no solo relatam que há resposta direta com os atributos físicos do solo (Cunha et al. 2015; Oliveira et al., 2016).

Neste caso, conforme observações semelhantes feitas por Carmo et al. (2018) e Volungevicius et al. (2019), a proporção de matéria orgânica em horizontes superficiais pode afetar a densidade do solo e influenciar diretamente à porosidade total. Deste modo, os menores valores de densidade do solo em superfície, supostamente, estão relacionados ao efeito do acúmulo de matéria orgânica nestes horizontes, por se tratar de uma área com vegetação em considerável estádio de regeneração e conservação.

Em todos os horizontes observados, a proporção de macroagregados por tamisação seca foi maior que 90%, sendo ligeiramente destacada nos horizontes subsuperficiais. Isto pode estar relacionado ao incremento de argila *in situ*, derivado provavelmente do intemperismo do material de origem próximo do horizonte diagnóstico e das forças de coesão e adesão que favorecem a agregação das partículas de argila (Klein, 2014; Ker et al., 2015). Os valores de diâmetro médio ponderado de agregado seco (DMPAs) foram bem próximos em todos os perfis observados, exceto nos horizontes A2 do P1 e Bt do P3 (3,726 e 4,604 mm, respectivamente).

Ao submeter os agregados à tamisação úmida houve uma grande redução nas proporções dos macroagregados em todos os perfis avaliados reduzindo a percentagens entre 27,7 e 50,2%. Além disso, o efeito foi bem mais evidente nas camadas superficiais do solo, principalmente em P1, podendo estar relacionado com os menores teores de argila em superfície e, consequentemente, maior relação S/A, somado à suposta predominância de matéria orgânica não complexada nos macroagregados (Roscoe e Machado, 2002), que favorece a desagregação das partículas e o esboroamento das unidades estruturais.

Os valores referentes ao diâmetro médio ponderado de agregados por via úmida (DMPAu) foram inferiores aos observados em DMPAs. Assim sendo, a fragmentação do tamanho dos macroagregados

pela ação da água promoveu o aumento na proporção de microagregados, quando sujeitos ao peneiramento em via úmida.

Tabela 3. Representação das proporções de macro e microagregados; DMP e índice de estabilidade dos agregados (IEA). Fonte: os autores.

Perfil e Horizonte	MaS.	MiS.	DMPAs	MaU.	MiU.	DMPAu	IEA
	------- % -------		mm	------- % -------		mm	%
P1 A1	92,9	7,1	4,193	27,7	72,3	0,685	16,3
P1 A2	90,4	9,6	3,726	41,0	59,0	0,524	14,1
P1 Bt	98,1	1,9	4,288	50,2	49,8	0,799	18,6
P2 A	92,8	7,2	4,049	40,6	59,4	0,576	14,2
P2 Bt	97,5	2,5	4,406	39,2	60,8	0,716	16,3
P3 A	94,9	5,1	4,251	32,0	68,0	0,541	12,7
P3 Bt	97,5	2,5	4,604	43,3	56,7	0,525	11,4

MaS. – Macroagregado seco; MiS. – Microagregado seco; MaU. – Macroagregado úmido; MiU. – Microagregado úmido; DMPAs – Diâmetro médio ponderado de agregado seco; DMPAu – Diâmetro médio ponderado de agregado úmido; IEA – Índice de estabilidade de agregados.

De acordo com Soares et al. (2018), a estabilidade dos agregados do solo está diretamente relacionada à areação e infiltração de água no solo e à resistência do solo a erosão hídrica. Rossi et al. (2016) observaram comportamento oposto na superfície de Argissolos sob diferentes culturas, o que ressalta a sensibilidade deste solo quando exposto a erosão hídrica.

A estimativa do DMPAs variou entre 3,726 e 4,604 mm e do DMPAu entre 0,524 e 0,799 mm. O IEAs dos horizontes apresentaram índices menores que 20%. Isto indica que os solos dos perfis avaliados apresentam baixa estabilidade de agregados, ou seja, elevada susceptibilidade à erosão.

Assim, ainda que o solo tenha demonstrado grau de floculação superior a 70%, sendo evidenciado nos resultados de ADA e IF e unidades estruturais fortemente agregadas quando secas, os perfis avaliados apresentam, muita sensibilidade à deterioração estrutural quando sujeitas à ação e movimento da água, sendo assim, muito susceptíveis a erosão hídrica (FAO, 2015; CREA-PE, 2017).

Devido à remoção da proteção vegetal nativa para implantação de atividades agropecuárias, ocorre o aumento da intensidade dos efeitos decorrentes da erosão em solos que apresentam tais

características, principalmente em áreas irrigadas. Há evidências de erosão laminar com remoção parcial a total da camada superficial, em sulcos ou até voçorocas, selamento subsuperficial e outros problemas oriundos do uso acima da capacidade de suporte (CREA-PE, 2017).

A resistência à penetração mecânica do solo dos perfis avaliados está representada na Figura 3. Observa-se que os solos dos perfis apresentam comportamento semelhante, com valores na faixa entre 0,56 e 17,47 MPa; 0,56 e 16,50 MPa; e 0,56 e 13,58 MPa, respectivamente, em P1, P2 e P3, da superfície até aproximadamente 50 cm de profundidade.

Os resultados, conforme as classes descritas no Soil Survey Manual (USDA, 2017), determinaram que a resistência do solo variou de baixa (0,1 a 1,0 MPa) a extremamente alta (> 8,0 MPa), mostrando maior resistência à penetração conforme aumenta a profundidade, respectivamente, da superfície às camadas subsuperficiais, em todos os pontos próximos aos perfis.

A pouca resistência em superfície é resultante do aporte de material orgânico associado a minerais, identificado no perfil pela melanização (escurecimento) do horizonte superficial menos espesso e contribuindo na formação de agregados menos estáveis (Cunha et al, 2015). Além disso, a matéria orgânica também favorece a aeração e infiltração de água no solo pelo aumento da porosidade (Klein e Klein, 2015). Fato corroborado por Cruz et al. (2017), que verificaram que, ao adicionar alguns compostos orgânicos em Luvissolos, ocorre o aumento de agregados maiores e menos estáveis que, no entanto, favorecem a condutividade hidráulica no solo e, consequentemente, a permeabilidade da água em superfície.

Nota-se também que conforme se aproxima dos horizontes subsuperficiais a resistência à penetração também aumenta, acompanhando, provavelmente, o incremento de argila que está de acordo com os dados granulométricos supracitados e a classe textural dos horizontes deste solo.

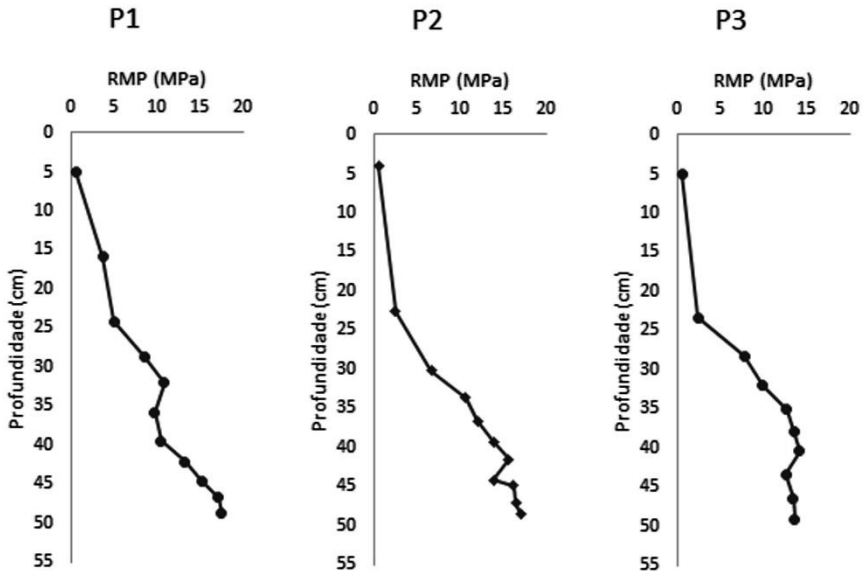


Figura 3. Resistência mecânica do solo à penetração (RMP), até os primeiros 50 cm de profundidade, para os respectivos perfis P1, P2 e P3 de Luvissolos Crômicos, Sumé-PB. Fonte: os autores.

Neste solo, a RMP pode também estar diretamente relacionada ao teor de umidade no solo. Segundo Ker et al. (2015) a variação na disponibilidade de água no solo está diretamente ligada à textura do solo, mais precisamente, aos teores de argila. Assim sendo, a velocidade de infiltração de água ocorre com menor intensidade devido à maior concentração de argila proveniente da translocação em profundidade ou pelo processo natural de expansão dos minerais de argila, reduzindo os poros e os espaços vazios do solo retendo mais água por mais tempo.

A pressão aplicada para que haja penetração no solo aumenta consideravelmente conforme aumenta a profundidade de leitura (Tabela 4). Simultaneamente, os teores de argila e de umidade relativa do solo (U) também aumentam com a proximidade dos horizontes mais argilosos (Bt). Desta forma, a resistência a penetração mecânica do solo tende a aumentar consideravelmente nas camadas subsuperficiais, após eventos de precipitação pluviométrica, mesmo em situações próximas às condições naturais.

Normalmente, em ambientes onde esse solo desenvolve horizonte A com pouca espessura (Embrapa, 2018), essa resistência pode também retardar ou desfavorecer o desenvolvimento de culturas dependendo do tipo de manejo aplicado sobre esses solos.

Outro problema físico passível de ocorrer neste solo é a compactação, tendo em vista que a grande maioria desses solos são rasos a moderadamente profundos e podem, ocasionalmente, desenvolver problemas de drenagem (Embrapa, 2018).

Tabela 4. Valores médios da resistência mecânica do solo à penetração (RMP) e umidade relativa do solo (U) de acordo com as camadas dos horizontes diagnósticos. Fonte: os autores.

Perfil e Horizonte	Camada	U	Argila Total	RMP
	cm	%	g kg^{-1}	MPa
P1 A1	0-12	2,13	134	2,15
P1 A2	13-26	2,72	169	4,37
P1 Bt	26-44	5,65	370	11,26
P2 A	0-11	2,82	192	1,53
P2 Bt	11-25	4,57	215	4,56
P3 A	0-11	3,73	233	1,50
P3 Bt	11-32	5,89	326	6,72

Souza et al. (2015) constataram em seu estudo que a resistência à penetração elevada de sua área com Luvissolos Crômicos derivava do manejo indevido, com utilização de máquinas e implementos

agrícolas. Do mesmo modo, Vogel e Fey (2016) encontraram comportamento semelhante em Argissolo, sob manejo silvipastoril, atribuindo a resistência a possível compactação do solo em subsuperfície.

CONCLUSÕES

Os Luvissolos Crômicos nas condições de vegetação regenerada de Sumé-PB podem apresentar problemas físicos sérios caso não sejam manejados corretamente.

Apresentaram classes texturais que variaram de franco arenosa a franco argilosa, respectivamente nos horizontes superficiais e subsuperficiais, podendo ou não apresentar gradiente textural com transição abrupta ou gradual, sendo determinado pela concentração das frações granulométricas de cada horizonte.

Os resultados de ADA compreenderam características de solos com baixa dispersão de argila natural, denotando argilas floculadas.

Os solos apresentam alta susceptibilidade à erosão hídrica, demonstrando desestruturação de macroagregados e o favorecimento de microagregados do solo, e compreendendo valores relativamente baixos no índice estabilidade de agregados do solo.

Além disso, os solos estudados apresentaram resistência mecânica à penetração mais evidente nas camadas subsuperficiais, nas quais, naturalmente, foi evidenciado maiores teores de umidade gravimétrica, provavelmente relacionados aos teores de argila total encontrados no horizonte.

Os resultados servirão de base referencial para outros estudos relativos ao comportamento físico de Luvissolos Crômicos, tão como relacionar ao impacto do manejo e uso de solo em ordens de solo semelhantes, nas mesmas condições encontradas em Sumé-PB.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araújo Filho, J. C., Correia, R. C., Cunha, T. J. F., Oliveira Neto, M. B. de, Araújo, J. L. P., & Silva, M. M. de L. (2019). Ambientes e solos do semiárido. In: L. F. Ximenes, M. S. L. da Silva, & L. T. de L. Brito (Orgs.). *Tecnologias de convivência com o Semiárido brasileiro*. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil.

Arcoverde, S. N. S., Cortez, J. W., & Pereira, J. S. (2018). Atributos físicos de solos em áreas sob diferentes usos no Semiárido baiano. Holos, 4, 65-77.

Barboza, E. N., Bezerra Neto, F. C., Maia, A. G., Sampaio, M. R. L., Crisostomo, N. C., Pinto, N. A., & Beserra, M. N. dos S. (2020). Análise temporal do comportamento da precipitação pluviométrica na cidade de Fortaleza (CE), Brasil. Revista Brasileira de Gestão Ambiental, 14, 105-113.

Câmara, E. R. G. (2016). *Caracterização e Pedogênese de Luvissolo e Planossolos no núcleo de desertificação de Cabrobó, Pernambuco.* Dissertação de mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

Carmo, M. C. do, Cunico, J. M., & Santos, M. R. G. (2018). Densidade e porosidade do solo em pastagem recuperada e degradada na Amazônia Ocidental. Agrarian Academy, 5, 153-159.

CREA-PE - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco. (2017). *Cadernos do Semiárido: Riquezas & oportunidades*. Recife: Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco.

Cruz, O. B. H. de la, Hernández, R. S., Chaparro, V. M. O., Noverola, U. L., Botello, M. A. E., & Méndez, M. A. P. (2017). Uso de compostas para mejorar la fertilidad de un suelo Luvisol de ladera. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 8, 1273-1285.

Cunha, T. J. F., Mendes, A. M. S., & Giongo, V. (2015). Matéria orgânica do solo. In: Nunes, R. R & Rezende, M. O. O. (Orgs.), *Recurso solo: propriedades e usos*. São Carlos: Cubo.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2018). *Sistema brasileiro de classificação de solos* (6a ed). Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2015). *World reference base for soil resources: International soil classification system for naming and creating legends for soil maps 106*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Gonçalves, M. G. M., Ker, J. C., Oliveira, F. S. de, Ramos, L. O. S., Pacheco, A. A., & Curi, N. (2019). Lateral loss of clay in the genesis of Luvisols in the Semi-Arid Depression of the Jequitinhonha Valley, Minas Gerais-Brazil. Revista Ciência e Agrotecnologia, 43, 1-17.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2015). *Manual Técnico de Pedologia* (3a ed). Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2018). *Semiárido brasileiro.* Brasília: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Ker, J. C., Curi, N., Schaefer, C. E. G. R., & Vidal-Torrado, P. (2015). *Pedologia: Fundamentos.* Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Klein, C., & Klein, V. A. (2015). Estratégias para potencializar a retenção de água no solo. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, 19, 21-29.

Klein, V. A. (2014). *Física do Solo*. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo.

Köppen, W., & Geiger, R. (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 x 200 cm.

Oliveira, J. G. R., Tavares Filho, J., & Barbosa, G. M. de C. (2016). Alterações na física do solo com a aplicação de dejetos animais. Geographia Opportuno Tempore, 2, 66-80.

Resende, M., Curi, N., Rezende, S. B., Corrêa, G. F., & Ker, J. C. (2014). *Pedologia: Base para a distinção de ambientes.* Lavras: Editora UFLA.

Ribeiro Filho, M. R., Barros, G. M., & Ribeiro, M. R. (2016). Manejo, uso e conservação dos solos do bioma Caatinga. In Kiill,L. H. P., & Porto, D. D. (Orgs.), *Anais do I simpósio do bioma Caatinga.* Petrolina: EMBRAPA Semiárido.

Roscoe, R., & Machado, P. L. O. A. (2002*). Fracionamento físico do solo em estudos de matéria orgânica* (1a ed). Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste.

Rossi, Q. C., Pereira, M. G., Moura, O. V. T. de, & Almeida, A. P. C. (2016). Vias de formação, estabilidade e características químicas de agregados em solos sob sistemas de manejo agroecológico. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 51, 1677-1685.

Santos, R. D., Santos, H. G., Ker, J. C., Anjos, L. H. C., & Shimizu, H. S. (2015). *Manual de descrição e coleta de solos*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Santos-Francés, F., Martínez-Graña, A., Ávila-Zarza, C., Criado, M., & Sánchez, Y. (2019). Comparison of methods for evaluating soil quality of semiarid ecosystem and evaluation of the effects of physico-chemical properties and factor soil erodibility (Northern Plateau, Spain). Geoderma, 354, 113872.

Soares, R., Maddock, J. E. L., Campos, D. V. B., Madari, B. E., Machado, P. L. O. A., & Santelli, R. E. (2018). Avaliação da estabilidade de agregados em marcadores ambientais terrestres do Antropoceno submetidos a diferentes períodos de pousio. Revista virtual de química, 10, 1693-1718.

Souza, R. M. S., Souza, E. S. de, Antonino, A. C. D., & Lima, J. R. de S. (2015). Balanço hídrico em área de pastagem no Semiárido paraibano. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 19, 449-455.

Stolf, R. (1991). Teoria e teste experimental de fórmula de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 15, 229-235.

Stolf, R., Fernandes, J., & Furlani Neto, V. L. (1983). *Penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf: Recomendação para seu uso.* Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR.

Stolf, R., Murakami, J. H., Brugnaro, C., Silva, L. G., Silva, L. C. F., & Margarido, L. A. C. (2014). Penetrômetro de impacto Stolf - programa computacional de dados em EXCEL-VBA. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 38, 774-782.

Suszek, F. L., Sampaio, S. C., & Lima, V. L. A. de. (2019). Controle estatístico de qualidade da condutividade hidráulica em Luvissolo e Neossolo com variação da densidade do solo. Irriga, 24, 16-24.

Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A., & Teixeira, W. G. (2017). *Manual de métodos análise de solo* (3a ed). Brasília: EMBRAPA.

Tinôco, I. C. M., Bezerra, B. G., Lucio, P. S., & Barbosa, L. de M. (2018). Characterization of rainfall patterns in the semiarid Brazil. Anuário do Instituto de Geociências, 41, 397-409.

USDA - United States Departament of Agriculture (2017). *Soil survey manual 18*. Washington: Soil science division staff.

Vendruscolo, J. (2017). *Índices biofísicos para avaliação da desertificação no Semiárido.* Tese de doutorado, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, Brasil.

Vogel, G. F., Martinkoski, L., Grillo, J. F., Michalovicz, L., & Fey, R. (2018). Avaliação dos penetrômetros de impacto eletrônico na determinação da resistência mecânica a penetração do solo. Revista Ciência Agrária, 18, 30-36.

Volungevičius, J., Feiza, V., Amalevičiūtė-Volungė, K., Liaudanskienė, I., Šlepetienė, A., Vengalis, R., Vėlius, G., Prapiestienė, R., & Poškienė, J. (2019). Transformations of different soils under natural and anthropogenized land management. Zemdirbyste-Agriculture, 106, 3-14.

Capítulo 11

Três espécies de *Senecio* (Asteraceae) proibidas na composição de produtos tradicionais fitoterápicos no Brasil

Recebido em: 13/06/2022
Aceito em: 16/06/2022
10.46420/9786581460419cap11

José Martins Fernandes[1*]

INTRODUÇÃO

A família Asteraceae (Asterales) está representada por cerca de 1.620 gêneros e 25.040 espécies no mundo, com distribuição cosmopolita, considerada a principal família de Eudicotiledônea em número de espécie (Souza; Lorenzi, 2008; Stevens, 2022). No Brasil, está representada por 326 gêneros e 2.205 espécies, 1.361 endêmicas (Asteraceae, 2020).

Dentre os principais gêneros de Asteraceae no mundo está *Senecio* L., representado por cerca de 1.200 espécies (Bremer, 1994; Nordenstam et al., 2009; Chen et al., 2011), com 68 espécies no Brasil, distribuído em Alagoas, Bahia (Nordeste) Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul (Centro-Oeste), Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo (Sudeste), Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Sul), distribuído nos domínios fitogeográficos da Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (Teles et al., 2020).

O gênero *Senecio* pode ser caracterizado como ervas ou arbustos, anuais ou perenes; caule simples ou ramificado; lâminas foliares com formas variadas, peninérveas ou uninérveas, sésseis ou pecioladas, pecíolos cilíndricos, algumas vezes invaginantes, canaliculados ou alados; capítulos homógamos, discoides, ou heterógamos, radiados, solitários ou em capitulescências terminais de tipos diversos; invólucro campanulado, caliculado ou ecaliculado; brácteas involucrais 7–24; capítulos discoides com flores 8–70, perfeitas, corola tubulosa, amarela, lilás ou alvacenta; capítulos radiados com flores do raio 2–21, pistiladas, corola liguliforme, normalmente amarela, algumas vezes lilás ou raramente alvacenta; flores do disco 6–70, andróginas, corola tubulosa, amarela ou alvacenta; anteras com base obtusa ou levemente aguda; ramos do estilete com ápice truncado, envolto por uma coroa de tricomas divergentes;

[1] Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado (UNEMAT), Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Curso de Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas, Herbário da Amazônia Meridional. Avenida Perimetral Rogério Silva, s/n, Bairro Jardim Flamboyant, Alta Floresta, MT, Brasil.
[*] Autor(a) correspondente: jose.martins@unemat.br

cipselas 5–10-costeladas, glabras, seríceo-pubescentes, papilosas ou hirsutas; pápus alvacento, caduco ou persistente (Teles; Stehmann, 2016).

Embora grande número das espécies de *Senecio* tenha toxicidade conhecida devido a presença de alcaloides pirrolizidínicos, várias delas são empregadas na medicina popular, provavelmente devido aos demais metabólitos secundários, entre eles os terpenóides, com atividades antibacteriana reconhecida (Bolsan, 2007). Em diversos estudos, constatou-se que as flores da maioria das espécies tóxicas de *Senecio* possuem mais alcaloides pirrolizidínicos do que nas folhas e caules, evidenciando, dessa forma, que há uma grande variação da quantidade do princípio tóxico nas diferentes partes da planta (Sandini et al., 2013). Os alcaloides pirrolizidínicos em humanos são responsáveis por intoxicações graves devido ao uso interno equivocado de plantas medicinais, medicamentos fitoterápicos, suplementos alimentares ou alimentos contaminados, indutores de tumores hepáticos ou de falência hepática, entre outros efeitos (Biavatti; Pereda-Miranda, 2017; Macêdo et al., 2020; Fayed, 2021).

Nesse sentido, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2014), apresenta uma lista com espécies e gêneros de plantas proibidas na composição de produtos tradicionais fitoterápicos conforme a Resolução da Diretoria Colegiada – RDC (Resolução da Diretoria Colegiada) N° 26, de 13 de maio de 2014, que dispõe sobre o registro de medicamentos fitoterápicos e o registro e a notificação de produtos tradicionais fitoterápicos, incluindo o gênero *Senecio*.

De acordo com a ANVISA (2014), são considerados Produtos Tradicionais Fitoterápicos os obtidos com emprego exclusivo de matérias-primas ativas vegetais cuja segurança e efetividade sejam baseadas em dados de uso seguro e efetivo publicados na literatura técnico-científica e que sejam concebidos para serem utilizados sem a vigilância de um médico para fins de diagnóstico, de prescrição ou de monitorização. Nesse sentido, alguns trabalhos já foram publicados (Fernandes, 2021a, 2021b, 2022a, 2022b, 2022c; Fernandes; Soares-Lopes, 2022) com o propósito de divulgar as espécies proibidas nessa categoria de fitoterápico.

O trabalho teve como objetivo apresentar sinopses morfológicas, distribuição geográfica, comentários medicinais e químicos para três espécies de *Senecio* utilizadas na medicina popular mas proibidas na composição de produtos tradicionais fitoterápicos no Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado entre os meses de maio e junho de 2022, como parte do projeto "Plantas proibidas na composição de produtos tradicionais fitoterápicos no Brasil", mediante o levantamento de informações na literatura. Inicialmente, informações sobre as espécies de *Senecio* utilizadas na medicina popular no Brasil, foram verificadas em trabalhos de etnobotânica e da área de medicina veterinária com informações relacionadas ao uso humano.

Para essas espécies, informações morfológicas foram obtidas na Flora e Funga do Brasil, Flora da China, artigos científicos e sites, contemplando informações dos órgãos vegetativos e reprodutivos,

além da distribuição geográfica; a validade dos nomes científicos foi verificada em sites especializados (FFB, 2020; Gbif, 2021; Tropicos, 2022; WFO, 2022); os usos na medicina popular foram obtidos em artigos científicos e sites especializados; e, as informações sobre toxicidade foram obtidas em artigos científicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível verificar que as espécies *Senecio brasiliensis*, *Senecio conyzifolius* e *Senecio oleosus* são utilizadas na medicina popular, no entanto, estão proibidas na composição de qualquer produto tradicional fitoterápico devido a presença de compostos químicos que podem colocar em risco a saúde da população brasileira, como alcalóides pirrolizidínicos. Qualquer espécie de *Senecio* está proibida nessa categoria de fitoterápico (ANVISA, 2014), devendo a população ficar atenta e vigilante.

Senecio brasiliensis (Spreng.) Less.

Figura 1a-b

Subarbusto 1–2,5 m alt., ereto, perene, glabro ou glabrescente; folha séssil, lâmina 7,5–15 × 2,5–7 cm, profundamente pinatissecta, com 3–4 pares de segmentos, lineares a linear-lanceoladas com 15–75 × 1–7 mm, ápice agudo, base atenuada, margem inteira a ligeiramente serreada, glabra a glabrescente na face adaxial e curtamente tomentosas na face abaxial, tricomas esbranquiçados; capitulescencia paniculado-corimbiforme, congesta; bractéolas 1–8 mm compr., lanceoladas, glabras a glabrescentes; capítulos heterógamos, radiados; 9–10 brácteas do calículo, 1,5–2,5 mm compr., lanceoladas; invólucro 5–11 × 3–5 mm, campanulado; brácteas involucrais 15–21, oblongas; flores do raio 8–12, corola amarela, 11,5–15 mm compr., tubo 5–6 mm compr., lígula 6,5–9 × 1,5–3,6 mm; estilete 5,2–8,5 mm compr., ramos do estilete 1,5–2,5 mm compr.; flores do disco 33–62, corola 9–12 mm compr., tubo 5–7,2 mm, anteras 2–2,1 mm compr., base obtusas; estilete 7–10 mm compr.; cipselas 1–3 mm compr., elipsoides, glabras (Oliveira et al., 2015).

Nome popular: catião, erva-lanceta, flor-das-almas, maria-mole, micuim (Vendrúscolo; Mentz, 2006; Brighenti et al., 2017).

Distribuição: a espécie *Senecio brasiliensis* ocorre na Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai (Abreu-Matos et al., 2011). No Brasil, é nativa nos estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo (Sudeste), Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Sul), nos domínios fitogeográficos do Cerrado, Mata Atlântica e Pampa (Teles et al., 2020).

Figura 1. Três espécies do gênero *Senecio* utilizadas na medicina popular mas proibidas na composição de produtos tradicionais fitoterápicos. *Senecio brasiliensis* (a-b), *Senecio conyzifolius* (c-d), *Senecio oleosus* (e-f). Fonte: K.T. Mazon - iNaturalist (a), J.P. Boerekamps – iNaturalist (b), Horto Didático UFSC/Florianópolis (c-d); L.H. Parizotto (e-f).

Medicina popular: moradores do município de Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul, utilizam as partes aéreas da maria-mole, micuim, para estancar o sangue de cortes e para o estômago (Vendrúscolo; Mentz, 2006).

Toxicidade: a espécie *Senecio brasiliensis* possui alcalóides pirrolizidínicos (Silva et al*., 2006;* Bolzan, 2007*).* A toxicidade causada por esse gênero vegetal ocorre devido à biotransformação dos alcaloides pirrolizidínicos no fígado, gerando metabólitos tóxicos, os pirróis, onde esses compostos podem também ser nocivos para o homem através do consumo de produtos comestíveis, de origem animal (carne, leite e derivados) contaminados ou pelo uso dessa planta na medicina popular (Abreu-Matos et al., 2011; Sandini et al., 2013).

Senecio conyzifolius Baker.

Figura 1c-d

Erva ereta, caule simples ou pouco ramificado, densamente piloso, híspido; folhas do caule oblanceoladas, sésseis, obtusas, serrilhadas, moderadamente firmes, verdes em ambos os lados, moderadamente com tricomas longos, 6–9 mm compr., base auriculada; inflorescências em capitulescencias corimbiformes, 6–12 capítulos, disciformes, pedúnculos 6–18 mm compr., densamente peludos; brácteas involucrais 6–8 mm de comprimento e de largura, cerca de 20 brácteas lineares marrons com o dorso muito peludo; flores do raio liguliformes, pistiladas, amarelas; flores do disco tubulosas, perfeitas, amarelas; corola 5–6 mm compr., com um aro cilíndrico no tubo; ramo do estilete truncado com coroa de tricomas divergentes; fruto cipsela cilíndrico, glabro, 10-costado, longo; papus 5–6 mm compr (Baker, 1884; Teles et al., 2020).

Nome popular: arnica, arnica-da-serra (Horto Didático, 2022).

Distribuição: a espécie é endêmica do Brasil, com ocorrência nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, nos Campos de Altitudes da Mata Atlântica (Teles et al., 2020).

Medicina popular e toxicidade: moradores da região de Urupema, Estado de Santa Catarina, chamam a espécie de arnica, arnica-da-serra e utilizam as inflorescências em alcoolatura para uso externo em machucados e contusões, mas devido a presença de alcalóides pirrolizidínicos não deve ser usada internamente ou lesões cruentas extensas (Silva et al*., 2006;* Horto Didático, 2022).

Senecio oleosus Vell.

Figura 1e-f

Subarbusto 0,4–1,3 m alt., ereto, anual ou perene, glanduloso, incluindo caule, ambas as faces foliares, pedúnculos, brácteas e bractéolas; folha séssil, lâmina inteira, 2,5–11,5 × 0,5–2 cm, estreitamente obovada ou espatulada, ápice obtuso, base atenuada, auriculada ou semi-amplexicaule, margem serreada; capitulescência racemo-corimbiforme, laxa; pedúnculos 0,5–5,5 mm compr., bracteolados, bractéolas 11–19 mm compr.; capítulos heterógamos, radiados; brácteas do calículo 11–12, 5–14 mm compr., linear-lanceoladas; invólucro 1–3 × 1–3 cm, campanulado; brácteas involucrais 21, lanceoladas, ápice agudo, penicelado, margem escariosa; flores do raio 11–13, corola amarela, 1,7–2,1 cm compr., tubo 4,5–5,2 mm

compr., limbo 13–16 × 2–3 mm, estilete 6–8,5 mm compr.; flores do disco 48–69, corola 8,2–13,5 mm compr., anteras 1,3–3,3 mm compr., estilete 7,5–10 mm compr.; cipselas 1,5–3,5 mm compr., elipsoides, glabras (Oliveira et al., 2015).

Nome popular: arnica, arnica-da-serra (Horto Didático, 2022).

Distribuição: a espécie é endêmica do Brasil, com ocorrência nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo (Sudeste), Paraná e Santa Catarina Sul, em Campos de Altitude na Mata Atlântica (Teles et al., 2020).

Medicina popular e toxicidade: moradores da região de Urupema, Estado de Santa Catarina, chamam a espécie de arnica, arnica-da-serra e utilizam as inflorescências em alcoolatura para uso externo em machucados e contusões, mas devido a presença de alcalóides pirrolizidínicos não deve ser usada internamente ou lesões cruentas extensas (Silva et al*., 2006;* Horto Didático, 2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As espécies *Senecio brasiliensis*, *Senecio conyzifolius* e *Senecio oleosus* são nativas no Brasil e utilizadas na medicina popular para problemas internos e externos, mas devido a presença de alcalóides pirrolizidínicos estão proibidas na composição de produtos tradicionais fitoterápicos, no entanto o uso interno do chá dessas espécies por um período prolongado pode causar intoxicação ao usuário. A população também precisa ficar atenta que alimentos intoxicados podem ser prejudiciais à saúde humana, como carne, leite e seus derivados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu-Matos, F. J. et al. (2011). *Plantas tóxicas: estudo de fitotoxidade química de plantas brasileiras*. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2014). *Resolução da diretoria colegiada - RDC N° 26, de 13 de maio de 2014*. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2014/rdc0026_13_05_2014.pdf. Acesso em 06/08/2021.

Asteraceae (2020). *Asteraceae in Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB55>. Acesso em: 10/06/2022.

Baker, J. G. (1884). Compositae IV: Helianthoideae, Anthemidieae, Senecionideae, Cynaroideae, Ligulatae, Mutisiaceae. In Martius, C. F.; & Eichler, A. G. (eds.). *Flora brasiliensis*, 6(3). Fleischer, Monachii, Lipsiae.

Biavatti, M. W., & Pereda-Miranda, R. (2017). Alcaloides pirrolizidínicos. In: Simões, C.M.O., Schenkel, E.P., Mello, J.C.P., Mentz, L.A., & Petrovick, P.R. *Farmacognosia: do produto natural ao medicamento*. Porto Alegre: Artmed.

Bolsan, A. A. (2007). *Constituintes de Senecio platensis Arech., isolamento, elucidação estrutural e avaliação da atividade antibacteriana*. Dissertação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul.

Bremer, K. (1994). *Asteraceae: cladistics and classification*. Portland: Timber Press.

Brighenti, A. M., Lamego, F. P., Miranda, J. E. C., Oliveira, V. M., & D'Oliveira, P. S. (2017). *Plantas Tóxicas em Pastagens: (Senecio brasiliensis e S. madagascariensis) - Família: Asteraceae*. Juiz de Fora: Comunicado Técnico da EMBRAPA, Nº 83.

Chen, Y., Nordenstam, B., Jeffrey, C., & Vincent, L. (2011). *Senecio* Linnaeus. *Flora of China*, 20/21. Disponível em: http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=130085. Acesso em: 11/06/2022.

Fayed, M. A. A. (2021). *Heliotropium*: a genus rich in pyrrolizidine alkaloids: a systematic review following its phytochemistry and pharmacology. *Phytomedicine Plus*, 1, 100036. DOI:10.1016/j.phyplu.2021.100036

Fernandes, J. M. (2021a). Estudo morfológico de *Heliotropium transalpinum* Vell. (Boraginaceae): uma espécie medicinal em Alta Floresta, Mato Grosso. *Enciclopédia Biosfera*, 18(37), 226-237. DOI: 10.18677/EnciBio_2021C19

Fernandes, J. M. (2021b). Morfologia de *Ageratum conyzoides* (Asteraceae): uma espécie proibida em produtos tradicionais fitoterápicos no Brasil. *Enciclopédia Biosfera*, 18(38), 659-669. DOI: 10.18677/EnciBio_2021D32

Fernandes, J. M. (2022a). Apocináceas proibidas na composição de produtos tradicionais fitoterápicos no Brasil. *Revista da Saúde da EJES*, 8(15), 45-57.

Fernandes, J. M. (2022b). Convolvuláceas proibidas na composição de produtos tradicionais fitoterápicos no Brasil. *Educação Ambiental em Ação*, 21(79). Disponível em: https://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=4309. Acesso em 13/06/2022.

Fernandes, J. M. (2022c). Espécies de *Aristolochia* (Aristolochiaceae) usadas na medicina popular brasileira, mas proibidas na composição de produtos tradicionais fitoterápicos. *Educação Ambiental em Ação*, 20(78). Disponível em: https://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=4267 Acesso em: 09/05/2022.

Fernandes, J. M., & Soares-Lopes, C. R. A. (2022). Euforbiáceas proibidas na composição de produtos tradicionais fitoterápicos no Brasil. *Revista da Saúde da EJES*, 8(15), 31-44.

FFB (2020). *Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < http://floradobrasil.jbrj.gov.br/ >. Acesso em: 25/05/2022.

GBIF (2021). *Species*. Disponível em: https://www.gbif.org/species/search?rank=SPECIES&highertaxon_key=2519&status=ACCEPTED&status=DOUBTFUL. Acesso em: 11/06/2022.

Horto Didático (2022). *Horto didático de plantas medicinais do HU/CCS*. Disponível em: https://hortodidatico.ufsc.br/. Acesso em 10/06/2022.

Macêdo, I. L. et al. (2020). Estudo comparativo entre as intoxicações por *Crotalaria retusa* e *Tephrosia cinerea* em ovinos. *Revista de Agroecologia no Semiárido***,** 4(4), 46-50. DOI:10.35512/ras.v4i4.4576

Nordenstam, B., Pelser, P. B., Kadereit, J. W., & Watson, L. E. (2009). Senecioneae. In: Funk, V. A., Susanna, A., Stuessy, T. F., & Bayer, R. J. (eds.). *Systematics, evolution and biogeography of Compositae*. Vienna: International Association for Plant Taxonomy.

Oliveira, C. C., Silva, M. J., & Teles, A. M. (2015). *Senecio* L. (Asteraceae, Senecioneae) no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Hoehnea*, 42(4), 703-724.

Sandini, T. M., Berto, M. S. U., & Spinosa, H. S. (2013). *Senecio brasiliensis e alcaloides pirrolizidínicos: toxicidade em animais e na saúde humana*. Revista Biotemas, 26(2), 83-92.

Silva, C. M., Bolzan, A. A., & Heinzmann, B. M. *(2006).* Alcalóides pirrolizidínicos em espécies do gênero *Senecio*. *Química Nova*, 29(5), 1047-1053.

Souza, V. C., & Lorenzi, H. (2008). *Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado no APG III*. 3 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora.

Stevens, P. F. (2022). *Angiosperm phylogeny website, Version 14, July 2017 [and more or less continuously updated since]*. Disponível em: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb>. Acesso: 18/06/2022.

Teles, A. M., & Stehmann, J. R. (2016). A tribo Senecioneae (Asteraceae) em Minas Gerais, Brasil. *Rodrigués*ia, 67(2), 455-487. DOI:10.1590/2175-7860201667216

Teles, A. M., Heiden, G., & Freitas, F. S. (2020). *Senecio in Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB16295>. Acesso em: 13/06/2022.

Tropicos (2022). *Connecting the world to botanical data since 1982*. Disponível em: https://www.tropicos.org/home. Acesso em 09/06/2022.

Vendrúscolo, G. S., & Mentz, L. A. (2006). Levantamento etnobotânico das plantas utilizadas como medicinais por moradores do bairro Ponta Grossa, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Iheringia, Série Botânica*, 61(1-2), 83-103.

WFO - World Flora Online (2022). *An online flora of all known plants: supporting the global strategy for plant conservation*. Disponível em: http://www.worldfloraonline.org. Acesso em: 07/02/2022.

Capítulo 12

Censo de roedores por consumo de alimentos no município de Paranaguá

Recebido em: 14/06/2022
Aceito em: 15/06/2022
10.46420/9786581460419cap12

Francisco Xavier da Silva de Souza[1]
Luiz Everson da Silva[2]
Geovana Rodrigues de Souza[3]
Hélio Édison da Cruz Júnior[4]
Evany Evelyn Lenz Lopes[5]
Márcio do Rosário do Carmo[6*]
Virgílio Borges Júnior[7]

INTRODUÇÃO

Os roedores coabitam com o homem desde os primórdios da civilização humana. Entretanto, é no ambiente urbano contemporâneo, caracterizado pela alta densidade demográfica, saneamento básico deficiente e acúmulo de lixo, que as populações de ratazanas encontram condições ideais para sua sobrevivência e proliferação. Sabe-se que onde existem água, abrigo, acesso e alimentos fartos, as ratazanas formam colônias equilibradas (FLORIANÓPOLIS, S/D).

A luta contra os roedores é um desafio permanente e histórico. Ratazanas, ratos e camundongos sempre coabitam com o homem, atraídos pelos seus estoques de alimentos e desejos orgânicos. Não há no Brasil, até a presente data, uma legislação em âmbito federal específica regulamentadora da atividade do controle de roedores, seja na área da saúde pública, seja no campo da atividade privada. Essa regulamentação passa então à responsabilidade dos Estados pelos seus códigos sanitários (Albuquerque et. al. 2008).

Os roedores pertencem à ordem Rodentia, cujo nome deriva da palavra latina *rodere* que significa *roer*. A principal característica que os une é a presença de dentes incisivos proeminentes que crescem continuamente. Existem atualmente cerca de 2000 espécies de roedores no mundo, representando ao redor de 40% de todas as espécies de mamíferos existentes (Carvalho-Neto, 1974, 1975)[2] *apud* (Albuquerque et al., 2008).

[1] Mestre, Instituto de Pesquisa Clima Urbano.
[2] Doutor, Universidade Federal do Paraná.
[3] UNOPAR- Universidade Norte do Paraná.
[4] Escola Estadual Cívico Militar Faria Sobrinho.
[5] Especialista, Colégio Estadual do Campo Tagaçaba Porto da Linha.
[6] Mestre, Instituto de Pesquisa Clima Urbano.
[7] Colégio Estadual São Francisco.
[*] Autor correspondente: rosariomarcio_10@gmail.com

[2] **Carvalho Neto C. (1974).** Considerações a respeito do combate aos roedores de importância em saúde pública. ***O Biológico*. 1974; 40:249-59**

A ratazana (*Rattus norvegicus*) é a espécie mais favorecida pelo ambiente urbano degradado por ocupações clandestinas, desenvolvimento de favelas e locais sem infraestrutura de saneamento. Sendo responsável por surtos de leptospirose, casos de mordeduras e infecções causadas por alimentos contaminados por fezes e urina (Campinas, 2006).

A presença do roedor em áreas urbanas e rurais gera agravos econômicos e sanitários de relevância ao homem. Os ratos participam da cadeia epidemiológica de pelo menos trinta doenças transmitidas ao homem. Leptospirose, peste e as hantaviroses são as doenças de importância epidemiológica no Brasil por eles transmitidas. Ocorrem em média, cerca de 3.200 casos de Leptospirose humana no país anualmente, com letalidade em torno de 12%. Já os casos de Síndrome Pulmonares hantavírus vêm ocorrendo no país desde 1993, com alta letalidade tendo os roedores silvestre como reservatório (BRASIL,2002).

A leptospirose é considerada uma doença endêmica e emergente, sendo vista como uma enfermidade de grande importância social e econômica. É transmitida pela urina de roedores e por ser hidroveiculada, torna-se epidêmica em períodos chuvosos quando ocorrem inundações e alagamentos. Nesse sentido, sua ocorrência é comumente relacionada às precárias condições de infraestrutura sanitária, população de baixa renda e alta infestação de roedores.

Em Paranaguá está localizado o Porto D. Pedro II, um dos maiores exportadores de grãos da América Latina e via de escoamento da produção Paraguaia e do Centro-Oeste sendo os granéis sólidos a carga mais movimentada (APPA, 2007). Nas vias de acesso ao porto existe a perda de grãos e outros materiais, provenientes dos meios de transporte. O acúmulo de grãos nas vias de acesso proporciona alimento farto para a fauna sinantrópica, em especial pombos e roedores (APPA, 2014).

Neste contexto, este trabalho tem por objetivo identificar as tocas de roedores da espécie ratazana *(Rattus novergicus),* e alimentos disponíveis nas vias de acesso ao Porto D. Pedro II, e analisar a ocorrência da leptospirose no período entre 2010 e 2021 no município de Paranaguá - Estado do Paraná.

Por fim, o presente trabalho não tem pretensão de encerrar as discussões ora apresentadas, mas sim de contribuir para novos estudos sobre a influência dos roedores na ocorrência da leptospirose. Espera-se que sejam elaborados outros estudos com o intuito de se elucidar cada vez mais a referida temática.

O projeto está sendo desenvolvido em parceria com a UFPR – Setor Litoral, e também com o apoio e patrocínio das empresas CENTROSUL, SIPAL e AGTL que estão ligadas ao setor portuário e incentivam a pesquisa.

Carvalho Neto C. (1995). *Manual prático da biologia e controle de roedores***. São Paulo: Ciba-Geigy.**

Roedores sinantrópicos

Historicamente, a fixação do homem a terra, gerando excedentes alimentares a partir do advento da agricultura, e o desenvolvimento dos povoados, cidades até as megalópoles, criaram condições ideais à ligação comensal dos roedores com o homem, originando um processo de sinantropia. Por sua vez, está sinantropia dos roedores e a precariedade dos processos de urbanização, com problemas crescente de disposição de resíduos sólidos, drenagem adequada de águas pluviais e de construção e tratamento de esgoto, exigem a integração das ações da municipalidade e da comunidade como mecanismo básico para a implantação de um programa de controle de roedores capaz de resultados consistentes (FUNASA, 2002).

Os roedores vivem em qualquer ambiente terrestre que lhes dê condições de sobrevivência. Apresentam extraordinária variedade de adaptação ecológica, suportando os climas mais frios e os mais tórridos. Nas regiões de maior revestimento florístico e nas mais estéreis, suportam grandes altitudes e em cada região podem mostrar uma grande adaptação fisiológica (Garcia, 1988).

Por outro lado, não há no Brasil, até a presente data, uma legislação em âmbito federal específica regulamentadora da atividade do controle de roedores, seja na área da saúde pública, seja no campo da atividade privada. Essa regulamentação passa então à responsabilidade dos Estados pelos seus códigos sanitários (Albuquerque et al., 2008).

A constatação da proliferação destes animais ocorre porque o homem, e portanto, a sociedade como está organizada, fornecem, de forma abundante, o que os roedores necessitam para sobreviver: alimento, água e abrigo proporcionando consequentemente, um desequilíbrio populacional destes animais, gerando prejuízos econômicos e por conseguinte a transmissão de graves doenças (BRASIL, 2002).

O controle das populações de roedores sinantrópicos é um desafio permanente e histórico. Ratazanas, ratos e camundongos sempre coabitaram com o homem, atraídos pelos seus estoques de alimentos e dejetos orgânicos (BRASIL, 2002).

No Brasil nas últimas décadas as alterações sociais que ocorreram entre 1960 a 2000 causaram aumento na população urbana, favorecendo o aparecimento de favelas, onde as condições sanitárias são propícias para ao aparecimento de ratos, principais reservatório e transmissão da leptospira (KAURY, 2006).

Nas áreas antropizadas, estima-se que para cada humano existam cerca de três roedores. Sendo as espécies comumente encontradas no perímetro urbano: a ratazana *(Rattus novergicus),* também conhecida como rato de esgoto, gabiru, entre outros; o rato-de-telhado *(Rattus rattus),* também conhecido como rato preto, rato de paiol ou de navio e o camundongo *(Mus musculus),* também conhecido como catita, rato de gaveta e muricha (Campinas, 2006).

A presença do roedor em áreas urbanas e rurais gera agravos econômicos e sanitários de relevância ao homem. Os ratos participam da cadeia epidemiológica de pelo menos trinta doenças transmitidas ao

homem. Leptospirose e as hantaviroses são as doenças de importância epidemiológica no Brasil por eles transmitidas. No período de 2007 a 2015 foram confirmados através do Sistema Nacional de Agravos de Notificação (SINAN) 36.096 casos de leptospirose, com uma média de 4.010 casos por ano. Nos grandes centros urbanos do país a doença apresenta letalidade alta, de 12% a 20% das pessoas que adoecem vão a óbito (MS - SINAN, 2017).

O processo de urbanização desenfreada e sem planejamento da maioria das cidades de médio e grande porte do Brasil, têm favorecido o crescimento da população e a dispersão das ratazanas. Fatores como a expansão de favelas e loteamentos clandestinos sem redes de esgoto e principalmente com coleta de lixo inadequada ou insuficiente, certamente têm propiciado o aumento desta espécie. Epidemias de leptospirose ocorrem geralmente nos ambientes degradados, não deixando de ocorrer, no entanto, em áreas adequadamente urbanizadas. São cada vez mais comuns casos de mordeduras por ratazanas ou toxi-infecções causadas por ingestão de alimentos contaminados pelos roedores (BRASIL, 2002).

Outro fator a ser ressaltado é o frequente envenenamento acidental por raticidas e outras substâncias tóxicas utilizadas inadequadamente pela população em geral no controle de roedores (BRASIL, 2002).

Controle Integrado de Roedores

O controle de roedores baseia-se na constatação simples e objetiva de que a proliferação destes animais ocorre porque o homem fornece, de forma abundante, o que os roedores necessitam para sobreviver: alimento, água e abrigo. Fatores de urbanização, problemas crescentes de disposição de resíduos sólidos, drenagem inadequada de águas pluviais e de construção e tratamento de esgotos também colaboram para um aumento exagerado da população de roedores (FUNASA, 2002).

Medidas enérgicas e efetivas para controlar os ratos são necessárias, sob pena de expor a população a um risco desnecessário. É preciso então estabelecer um programa permanente de controle de roedores. A busca de parcerias é um passo importante, considerando que diversos problemas sanitários ultrapassam a esfera do setor saúde. Os profissionais precisam ser capacitados para identificar o problema, definir e redefinir necessidades, pensar em estratégias locais, assim como avaliar o impacto das intervenções realizadas (BRASIL, 2002).

O Controle integrado de roedores se baseia no conhecimento da biologia, hábitos comportamentais, habilidades e capacidades físicas de cada espécie e do conhecimento do meio-ambiente onde estão instalados. Dessa forma o controle se baseia em ações sobre o roedor a ser combatido e também sobre o meio que o cerca (GRINGS, 2006).

Inspeção: Inspeção da área a ser controlada, com levantamento e anotação da situação encontrada (localização e números de tocas, trilhas, acesso a alimentos, etc.). Estas informações são fundamentais para orientar medidas de controle. Identificação da espécie: A identificação da(s) espécie(s) de roedor a

ser controlada é fundamental, pois as diferenças biológicas e de comportamento determinarão as estratégias de controle (GRINGS, 2006).

Anti-ratização: São medidas que visam dificultar ou mesmo impedir o acesso, instalação e proliferação de ratos em uma determinada área. Estas medidas consistem basicamente em eliminar as fontes de alimento, abrigo e água para os ratos (GRINGS, 2006).

Desratização: São medidas aplicadas para eliminação física dos roedores. Podem ser utilizados métodos mecânicos, biológicos ou químicos. Devido à maior segurança e eficácia, o método de desratização mais usado é o químico. Para que o processo de desratização seja eficiente, deve sempre ser acompanhado das medidas de anti-ratização (GRINGS, 2006).

CENSO DE ROEDORES

Um dos poucos métodos aceitos pela comunidade científica para a avaliação do número de roedores existentes numa área é o método do censo por consumo, que consiste na oferta, em diversos pontos da área estudada, de quantidades iguais de cereais previamente pesados (normalmente 30 gramas) sem quaisquer componentes tóxicos, e o repesamento dessas quantidades no dia seguinte, duplicando-se a quantidade nos pontos onde constatou-se o consumo total dos cereais. Depois de alguns dias dessa prática, ocorre uma estabilidade de consumo. Basta então, dividir o total ingerido, por 15 gramas (média diária de consumo por ratazana) e chega-se a um valor bastante aproximado de quantos ratos existem na área (BRASIL, 2002).

Este método é utilizado antes e posteriormente ao tratamento de uma população em equilíbrio e torna-se mais impreciso onde a oferta de alimento natural seja farta e não possa ser removida, (BRASIL, 2002).

Outro método é a contagem das tocas (ninheiras) fechando-as com uma bola de jornal. No dia seguinte efetua-se a contagem de todas as tocas que foram reabertas. Desta maneira, identifica-se a atividade da espécie em estudo, uma vez que as tocas reabertas sinalizam realmente os ninhos habitados, não permitindo a contagem de ninheiras (tocas) em desuso (BRASIL, 2002).

CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA

Localização

Paranaguá está localizada na planície litorânea do Estado do Paraná, possui uma cobertura vegetal de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, com predomínio de manguezais e restingas na planície litorânea, está localizado o maior porto de exportação e importação do Estado do Paraná, o Porto D. Pedro II. É escala obrigatória das rotas internacionais de mercado e possui uma área de abrangência que envolve os Estados do Paraná, sul de São Paulo, Santa Catarina, norte do Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul e Paraguai (FREITAS, 1999).

Meios de acesso

O Município possui uma área de 827 km² e limita-se ao norte com o município de Guaraqueçaba, ao sul com o Município de Matinhos, o Oeste com os municípios de Morretes e Antonina e a Leste com o município de Pontal do Paraná (Figura 1).

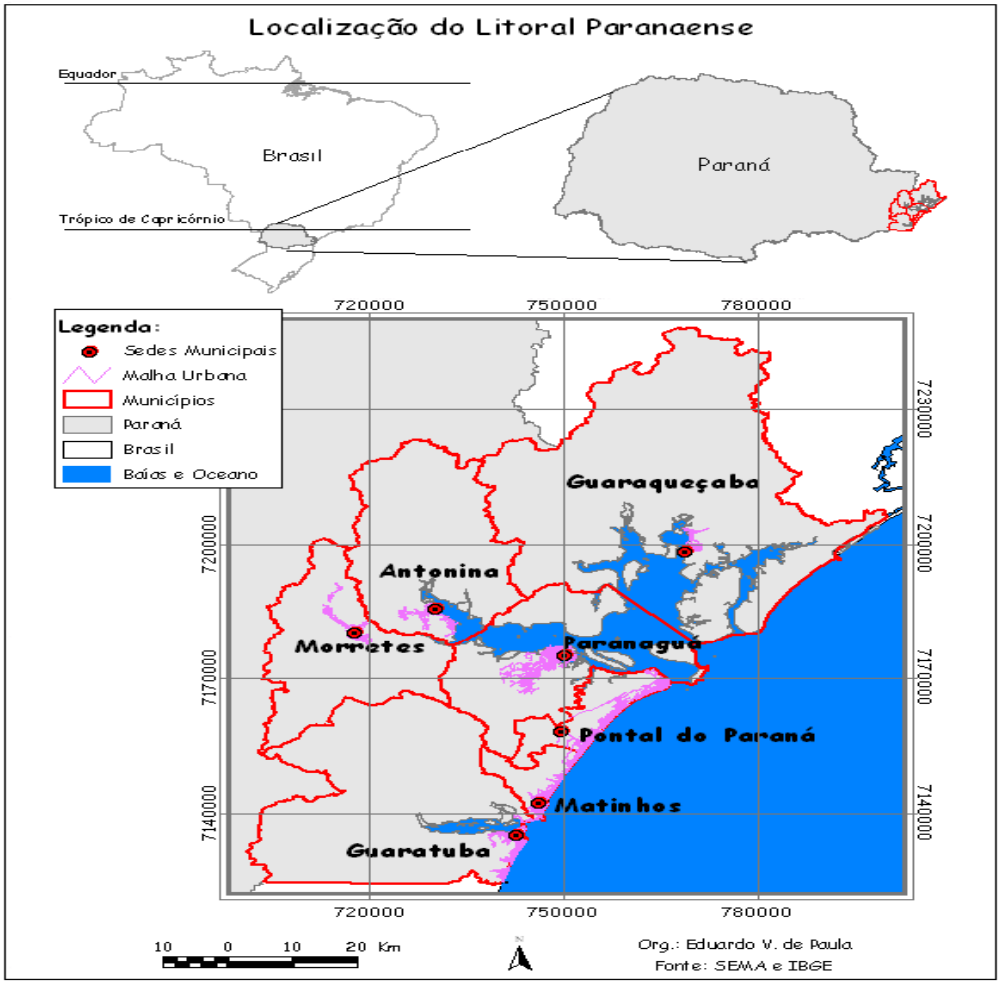


Figura 1. Localização do Município de Paranaguá. Fonte: SEMA e IBGE

O Município está localizado entre os paralelos 25º 30' e 25º 41' de latitude sul e os meridianos 48º 24' e 48º 37' de longitude oeste de Greenwich.

A rede Ferroviária Federal liga Paranaguá à Curitiba, Ponta Grossa e demais cidades do leste; ao sul atravessa o Estado de Santa Catarina ligando-se à viação Férrea do Rio Grande do Sul; ao norte encontra-se a Estrada de Ferro Sorocaba, em Ourinhos, permitindo a ligação com o Estado de São Paulo.

BR – 277 – Paranaguá – Curitiba;

PR – 408 – Estrada da Graciosa, Paranaguá- Curitiba.

De acordo com Freitas, (1999), a baía de Paranaguá – o tradicional caminho marítimo do povoamento inicia entre a ponta do Superagui, ao norte, e a de Ibopetuba ao sul (barra do canal da Galheta), com a extensão de 17,7 km, ingressando 50 km mar adentro.

A baía de Paranaguá é circundada pela planície costeira até encontrar os contrafortes da Serra do Mar, obstáculo natural que limita e separa o litoral do primeiro planalto, recortada de majestosos e caprichosos arabescos, fascinado a imaginação, tem uma paisagem tranquila, serena, destacando-se o volume das águas e o verde lindo da Mata Atlântica (FREITAS, 1999).

METODOLOGIA

Visando alcançar os objetivos propostos, a seguir elucidar-se-á a metodologia utilizada no trabalho. Utilizou-se pesquisa de campo para identificar as tocas (ninheiras), e fez-se uma adaptação do método Manual de controle de roedores (BRASIL, 2002), fechando com bola de jornal as tocas, e no dia seguinte efetuou-se a contagem de todas as tocas que foram abertas. Desta maneira, identificou-se as tocas habitadas no perímetro do km 0 nas margens da via férrea até o Km 5, da BR277 (Avenida Bento Rocha entrada do porto Silo Vertical) até o KM 6 e do KM 0 (portão Principal do Porto) Av Airton Sena até o KM 6.

O Censo por consumo foi outra abordagem utilizada adaptando-se a metodologia utilizada no Manual de controle de roedores da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Fez-se a pesagem de alimentos disponíveis nas vias de acesso no período entre outubro e novembro/2012, 2014, 2016, 2019 e 2022. Este método consiste na oferta de alimentos para o consumo dos roedores em diversos pontos da área de estudo. No mês de outubro de 2014 não foi possível fazer a pesagem dos alimentos, tendo em vista que a Prefeitura Municipal Paranaguá fez uma varrição parcial nas vias de acesso por ocasião das festividades de Nossa Senhora do Rocio realizada a partir do dia 1 de novembro do referido ano.

A pesagem foi efetuada a cada 20 metros às margens da BR 277 e margens da via férrea, sentido Paranaguá/Curitiba e Curitiba/Paranaguá, perfazendo uma distância de 6 km. Utilizando um quadro de madeira de 1m² e trena, fez-se a medida do primeiro ponto tendo como marco zero e, a cada 20 metros fez-se a varredura e, armazenou os resíduos em um saco plástico com etiquetas de identificação numerados e georreferenciadas. Este procedimento aplicou-se até o km 6 e nas margens das vias de acesso ao Porto D. Pedro II.

Após a coleta, utilizando-se uma peneira, fez-se a separação entre os grãos (cereais) e materiais sólidos tais como: pedra, areia, fertilizantes e outros produtos que não servem de alimentos para os roedores. Feita a separação, utilizou-se de uma balança de precisão para pesagem dos alimentos disponíveis para os roedores.

Fez-se a contagem de roedores nas tocas habitadas. Identificou-se uma média entre 10 e 12 habitantes por toca. O mesmo procedimento foi utilizado para contagem de roedores por alimentos disponíveis. De acordo com o manual da Funasa, cada roedor consome em média 25 gramas de cereais por dia.

Visando a elaboração de mapas das vias de acesso ao Porto D. Pedro II foi feita a tomada de pontos *in loco* com Aparelho GPS GPII PLUS GARMIN. Após a coleta dos dados primários ou georreferenciamento de dados secundários, foi utilizado o programa ARCGIS versão 10.3 e o programa SPRING versão 5.3 para a elaboração dos mapas. Utilizou-se a carta georreferenciada MI - 2858/2-NE FOLHA SG.22-X-D-V/2-NE do Ministério do Exército – Departamento de Engenharia e Construção, Diretoria de Serviços Geográfico Região Sul do Brasil na Escala 1-25.000.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Um dos poucos métodos aceitos pela comunidade cientifica para avaliação do número de roedores existentes numa área é o método do censo por consumo, que consiste na oferta, em diversos pontos da área estudada. Sabe-se que em geral o consumo diário de uma ratazana é, em média, de 15 gramas de cereais. Para chegar a um valor aproximado, fez-se a pesagem de alimentos nas vias de acesso ao Porto D. Pedro II trecho entre Paranaguá/ Curitiba e Curitiba/Paranaguá, perfazendo uma distância de 6Km (Figura 2). A pesagem dos alimentos feito nas margens da rodovia com distância de 5 metros de largura, perfazendo um total de 30.000m².

No período estudado, os resultados parciais mostram que na Rodovia Airton Sena no sentido Paranaguá/Curitiba, a disponibilidade de alimentos por m² foi mais expressiva, para o ano de 2012 média de 228g/m², no entanto para os anos de 2014 e 2016 ficou abaixo de 200gm². Atribui-se ao fato de os veículos transitarem vazios, e isto possibilita o acumulo de grãos nas vias de acesso.

Tendo como base que cada roedor consome em média 15g de cereais, para o ano de 2012 nas vias de acesso ao Porto D. Pedro II, apresentou disponibilidade de alimentos para uma população de aproximadamente 934.000 roedores, porém para o ano de 2014 a média da disponibilidade de alimentos foi menor, sendo assim tem alimentos disponível para uma população de 822.000 roedores (Quadro 1).

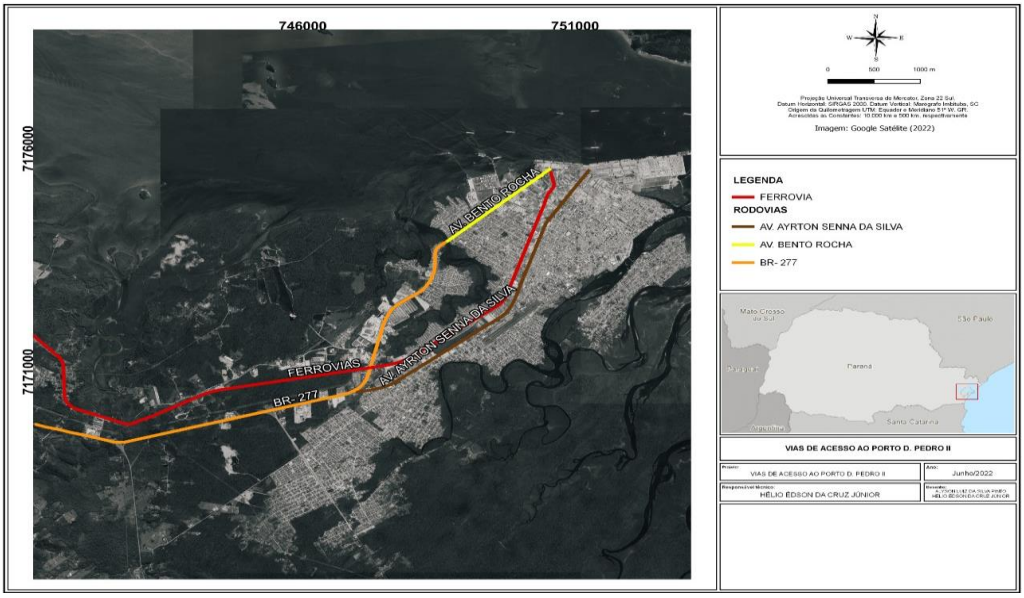


Figura 2. Vias de acesso ao Porto D. Pedro II. Fonte: Os autores.

Tendo em vistas a melhoria na limpeza urbana nas vias de acesso, o Quadro 1 mostra que houve uma redução significativa na disponibilidade de alimentos, nos anos seguintes. Sendo mais expressiva para o ano de 2022, esse fato está aliado a mudança na zona de influência portuária.

O porto D. Pedro II é um organizador e desorganizador do espaço urbano de Paranaguá. A área urbana de Paranaguá foi subdividida de acordo com o Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto Organizado (PDZPO). Por outro lado, dentro da Área de Influência Direta subdividiu-se em uma pequena área denominada em área de influência portuária imediata (Figura 3) (APPA, 2004).

Nessa área a limpeza das vias de acesso é mais constante. Assim, no período estudado, observou-se uma redução expressiva na disponibilidade de alimentos e consequente diminuição na população de roedores. No entanto, verificou-se que, para o ano de 2022, a menor média de disponibilidade de alimentos durante o período estudado, apresenta uma redução expressiva na Rodovia Airton Sena. Contudo, identificou-se um aumento na disponibilidade de alimentos na BR 277. Fato que está associado as constantes vazadas em caminhões por elementos que tentam furtar a carga.

Quadro 1. Disponibilidade de alimentos período entre 2012 e 2022.

Endereço	2012	2014	2016	2019	2022
Ferrovia sem Ctba	**166gm²**	**129gm**	**93gm²**	**68gm²**	**54gm²**
Ferrovia sem Pguá	**140gm²**	**99gm²**	**62gm³**	**53gm²**	**44gm**
Média Ferrovia	153gm²	114gm²	77,5gm²	60,5gm²	49gm²
Disponibilidade de alimentos para uma população de Roedores	306.000	228.000	155.000	121.000	98.000
Rodovia Airton Senna sem Ctba	**286gm²**	**242gm²**	**232gm²**	**98gm²**	**57gm²**
Rodovia Airton Senna sem Pguá	**170gm²**	**164m²**	**142gm²**	**64gm²**	**33gm²**
Média Airton Sena	228gm²	203gm²	187gm²	81gm²	55gm²
Disponibilidade de alimentos para uma população de Roedores	456.000	406.000	374.000	162.000	90.000
Rod BR 277 Sent Ctba	**88gm²**	**92gm²**	**98gm²**	**113gm²**	**154gm²**
Rod BR 277 Sent Pguá	**84gm²**	**96gm²**	**94gm²**	**123gm²**	**184gm²**
Média Rod BR 277	86gm²	94gm²	96gm²	118gm²	169gm²
Disponibilidade de alimentos para uma população de Roedores	172.000	188.000	192.000	236.000	338.000
Média Total	934.000	822.000	721..000	529.00	526.000

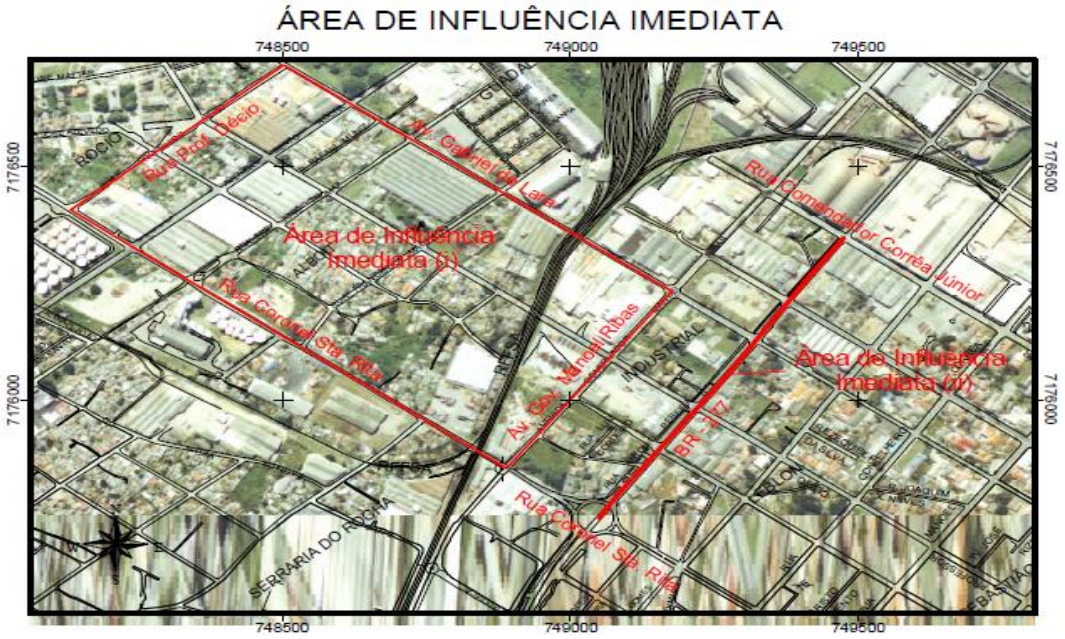


Figura 3. Área de influência Portuária Imediata – APPA. Fonte: os APPA.

Quadro 2. Toca de roedores habitadas no período entre 2012 e 2022.

Endereço	2012	2014	2016	2019	2022
Ferrovia sem Ctba	**944**	**654**	**548**	**456**	**356**
Ferrovia sem Pguá	**854**	**752**	**452**	**421**	**316**
Número de tocas habitadas	1798	1406	1.000	877	672
População de Roedores por censo	21.576	16.872	12.000	10.524	8.064
Rodovia Airton Senna sem Ctba	**2711**	**2066**	**1587**	**1024**	**948**
Rodovia Airton Senna sem Pguá	**1452**	**1219**	**921**	**691**	**547**
Número de tocas habitadas	4163	3825	2.508	1.715	1.495
População de Roedores por censo	49.956	45.900	30.096	20.580	17.940
Rod BR 277 Sent Ctba	**987**	**845**	**657**	**465**	**328**
Rod BR 277 Sent Pguá	**846**	**642**	**425**	**345**	**256**
Número de tocas habitadas	1883	1487	1.082	810	584
População de Roedores por censo	22.596	17.844	12.984	9.720	7.008
Número total de tocas habitadas	7.844	6.718	4.590	3.402	2.751
População total de roedores	94.128	80.616	55.080	40.824	33.012

As vazadas se se tornaram constantes. Esse fato fez com que aumente a oferta de alimento para os roedores. Porém as limpezas são constantes, e com isso encontrou-se na BR 277 um número muito baixo de tocas habitadas (**Quadro 2**). Outro agravante é que essa prática pode causar outros impactos: de ordem econômica ao setor de produção, além de social e ambiental.

Para efetivar o censo de roedores, identificou-se todas as tocas (ninheiras). O método consistiu em fechar as tocas com terra ou mesmo bolas de jornal (BRASIL, 2002) e, no dia seguinte, efetua-se a contagem de todas as tocas reabertas. No ano de 2012 identificou-se, nas vias de acesso ao Porto D. Pedro II, 7.844 tocas habitadas e uma população aproximada de 94.128 roedores. No ano de 2014, identificou-se nas vias de acessos ao porto D. Pedro II, 6.718 tocas habitadas e uma população de 80.616 roedores. O quadro 2 mostra a distribuição e localização das tocas de roedores.

Constatou-se que houve uma redução das tocas, e consequentemente no número de roedores. Creditou-se esses fatos às constantes limpezas e varreduras que estão sendo realizada pela APPA nas vias de acesso a partir do segundo semestre de 2014, bem com a limpeza com roçadas que são efetuadas pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente-SEMMA, que se tornaram mais constantes. Essa ação possibilitou uma redução de 65% nos números de tocas habitadas e consequentemente número de roedores.

A limpeza urbana é uma atividade com diversas ações de manutenção da limpeza pública. Isso inclui parques e praças, capinação de ruas, roçadas, podas de árvores e até mesmo a limpeza de bueiros. Todos esses serviços são realizados para que as ruas, avenidas e vias de acesso, permaneçam sempre limpas e seguras. Assim, o termo segurança aqui aplicado se refere à segurança da população de modo geral, mas sobretudo no âmbito da saúde.

Os serviços de limpeza urbana foram desenvolvidos ao longo dos tempos, inicialmente, para proporcionar proteção sanitária às populações urbanas e, mais atualmente, para também proporcionar a proteção ambiental dos ecossistemas. Assim a limpeza urbana é considerada um serviço essencial à população, pois está diretamente ligada à saúde pública e ambiental, além de fazer parte dos serviços inseridos no saneamento básico. Ela envolve os serviços de varrição, capina e roçada, poda, coleta de resíduos sólidos, limpeza após feiras livres, bem como a limpeza de bocas de lobo, praias, cemitérios e demais logradouros (De Deus, 2000).

Quadro 3. Roçada no período entre 2017 e 2021. Fonte SEMMA – 2022.

ANO	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**
KM	**1.914 KM**	**2.047KM**	**2.076KM**	**2.122KM**	**1.872KM**

No município de Paranaguá a partir do ano de 2017 a SEMMA intensificou esses serviços com objetivo de reduzir os possíveis focos de criadouro para o mosquito da Dengue, reduzir as tocas de

roedores e manter a cidade limpa, visando garantir a qualidade de população. De acordo com a SEMMA, a média de roçado anual é de aproximadamente 2.006 km, ver QUADRO 3, Ver Figura 4.

Os lixos e entulhos que são depositados nas ruas e avenidas, podem contribuir para a proliferação de insetos, como o Aedes Aegypti, vetor de várias doenças como a dengue, zika vírus e chikungunya, bem como os roedores que são transmissores de várias doenças entre elas a leptospirose, observamos que SEMMA concentra esforços para realizar de forma contínua e ininterrupta a coleta de lixo doméstico e entulhos, além de manter canteiros e praças sempre livres de folhas.

O quadro nº 4 mostra a quantidade de entulhos e lixos que foram recolhidos das vias públicos pela SEMMA, são lixos que foram depositados de forma irregular, em vários bairros da cidade no período de 2017 a 2021. Portanto observamos que a quantidade é bem representativa a média para o período estudado foi de 20 mil toneladas por ano, esse fato contribuiu para manter a cidade mais limpa, assim proporciona um ambiente agradável.

Figura 4. Limpeza nas vias de acesso. Fonte: SEMMA 2022.

No entanto, é indispensável que cada cidadão contribua para a manutenção da limpeza da cidade, colocando o lixo doméstico para ser coletado em lixeiras ou recipientes apropriados. Também é necessário desenvolver atividades de Educação Ambiental de forma constante, não apenas em data comemorativa.

Quadro 4. Lixos e entulhos 2017 a 2021. Fonte: SEMMA.

ANO	2017	2018	2019	2020	2021
Lixos e Entulhos Toneladas (mil)	**19.808 mil/t**	**17.743mil/t**	**20.460mil/t**	**21.151mil/t**	**21.448mil/t**

De acordo com Grincs, (2006), Anti-ratização: São medidas que visam dificultar ou mesmo impedir o acesso, instalação e proliferação de ratos em uma determinada área, e. Desratização: São medidas aplicadas para eliminação física dos roedores. Podem ser utilizados métodos mecânicos, biológicos ou químicos. Devido à maior segurança e eficácia, o método de desratização mais usado é o químico.

Sendo assim observamos que as empresa ligadas ao setor portuário a CENTROSUL, SIPAL e AGTL, manter de forma constante um sistema de controle de Roedores e Faúna Sinantrópica, com objetivo de formalizar as atividades relacionadas ao processo de Anti-ratização e Desratização, com procedimentos para avaliar o tipo e nível de infestação dos roedores, registrando em planilhas e fichas para medir e avaliar o grau de infestação. Após esses procedimentos, de acordo com o Nível de infestação encontrado, são dimensionados a quantidade de pontos de aplicação, de armadilhas, a qual são usadas do tipo Porta Isca, com a dosagem do produto para a desratização seguindo as recomendações do fabricante. As empresas citadas acima têm uma equipe treinada e capacitada, onde diariamente, recolhem os restos alimentares em recipientes adequados, preferencialmente, sacos plásticos, que são fechados e recolhidos pelo serviço de coleta urbana, para evitar a presença dos roedores. Essas atividades de controle de Roedores e desenvolvida pelas empresas na área de Influência Imediata do Porto D. Pedro II, contribuiu para uma redução significativa, tanto na quantidade de roedores, bem como na quantidade de tocas habitadas, tendo em vista a redução de alimentos.

Porém, vale salientar que os roedores procuram fazer suas tocas e ninheiras em locais de difícil observação e de difícil acesso, tais como galerias de águas pluviais, caixas de telefones, luz elétrica, dentro do pátio das empresas localizadas nas margens das vias de acesso e nas residências no entorno das vias de acesso. Mesmo assim os resultados ora apresentados são satisfatórios tenda em vista, a expressiva redução da população de roedores nas vias de acesso.

Leptospirose

No Brasil, as enchentes estão entre os desastres de origem naturais que mais causam danos ao patrimônio e à saúde da população provocando doenças e mortes.

Na área de estudo o sistema de coleta de esgoto é misto, valendo-se, para a coleta de esgoto, a rede de drenagem urbana. As Estações de Tratamento de Esgoto as (ETE) estão localizadas na foz do Rio Itiberê e Emboguaçu. Porém, o tratamento é feito através dos canais. Sendo assim, quando ocorre as enchentes a população têm contato com água contaminada, colocando em risco a saúde.

Tabela 1. Casos confirmados de leptospirose de residentes em Paranaguá por mês e ano dos sintomas. Fonte: SINANMET/Dep. de Epidemiologia/Secretaria Municipal de Saúde- Paranaguá-PR.

Ano Inic.Sintomas	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2010	**3**	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**6**
2011	**2**	**2**	**13**	**5**	**3**	**2**	**0**	**0**	**0**	**3**	**0**	**2**	**32**
2012	**2**	**1**	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**6**
2014	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**3**
2016	**1**	**2**	**3**	**0**	**0**	**2**	**1**	**0**	**1**	**0**	**1**	**1**	**12**
2019	**2**	**2**	**3**	**1**	**0**	**0**	**1**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**12**
2021	**1**	**3**	**1**	**2**	**1**	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**	**1**	**0**	**11**
Total	**12**	**11**	**21**	**9**	**4**	**5**	**4**	**0**	**3**	**5**	**2**	**8**	**83**

A leptospirose é uma das principais doenças que ocorrem devido ao contato com águas e lama de enchentes contaminadas pela urina do rato. O município de Paranaguá apresentou no período entre 2010 e 2021, 83 casos confirmados de leptospirose (Tabela 1).

No Brasil, a leptospirose ocorre durante todos os meses do ano, por isso é dita endêmica. Entretanto, surtos epidêmicos são favorecidos nos meses mais chuvosos. O período chuvoso varia de acordo com as características climáticas peculiares de cada região, logo o território nacional apresenta diferentes regimes pluviométricos, que de forma generalizada mostram uma relação entre a incidência da leptospirose e a variação pluviométrica (ROMERO et al., 2003; De PAULA, 2005).

De acordo com Souza (2017) em Paranaguá, no período de verão de 23/12 a 31/03 o total acumulado médio é de 1.251,51 mm o que representa 52% das médias anuais. O mês de janeiro tem a maior média de dias com chuva (22 dias) e a segunda maior média em volume de precipitações (322,42 mm), pouco inferior a fevereiro. Consequentemente as inundações ocorrem com maior frequência e intensidade nesse mês. Assim, corroborando com os autores citados acima, no período estudado, identificou-se uma maior incidência de Leptospirose no período chuvoso, que é de dezembro a março (Quadro 5).

Ao fazer uma correlação entre a população de roedores, e a leptospirose, tendo em vista o número de casos confirmados, os resultados ora apresentados neste estudo, mostrou-se direta, pois os roedores estão co-habitando com a população, onde encontram água, alimentos e abrigo em abundância. Outro fator que contribui são as constantes inundações que ocorrem em vários trechos das vias de acesso. Observou-se que os casos de leptospirose ocorreram em período chuvoso, com maior frequência. Outro agravante é que, de acordo com a Secretaria de Vigilância em Saúde (Brasil 2005), os casos são mal diagnosticados, pois a leptospirose possui uma sintomatologia muito semelhante a outras doenças como a dengue, gripe, hantavirose. Mais estudos são necessários para avaliação tais correlações.

Quadro 5. Precipitações mensais do município de Paranaguá/PR no período entre 2010 e 2019. Fonte: Os autores, 2021.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abril	Maio	Junho	Julho	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2010	429,2	402,8	394,5	411,1	100,4	138,7	181,9	69,6	114,8	205,5	210	345,8	3004,3
2011	331,6	314,1	510,7	237,4	67,3	114,3	143,2	152,4	60,5	150,9	138,4	251,1	2471,9
2012	229,3	248,9	66,6	201,1	156,4	230,8	149,5	15,4	61,5	139,9	101,7	327	1928,1
2013	170,3	275,1	249,1	37,7	84,8	252,5	136,9	32,8	168	89,6	138,9	156,9	1792,6
2014	216,5	240,5	253,4	189,7	75,9	110	64,4	81,9	146,9	60,15	143	241,7	1824
2015	340,3	507,9	334,9	165,8	184,8	95,2	109,8	32,4	176,4	181,2	270,3	328,5	2727,5
2016	268,9	604,3	145,4	130,8	184,9	118,3	85,8	132,3	99,1	222,4	140,3	156,9	2289,4
2017	518,2	248,4	415,1	112,4	167,3	96	23,9	82,5	118,6	243,6	82,7	326,4	2435,1
2018	429,3	239	277,6	203,5	135,9	77	11,3	22,7	26,5	181,8	93,8	132,7	1831,1
2019	124,7	274,8	168,8	132,4	193,7	78,7	29,7	27,4	121,5	57,5	127,4	38,8	1375,4
Total	3058,3	3355,8	2816,1	1821,9	1351,4	1311,5	936,4	649,4	1093,8	1532,6	1446,5	2305,8	21679,4
Média	305,83	335,58	281,61	182,19	135,14	131,15	93,64	64,94	109,38	153,26	144,65	230,58	2167,9

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O combate aos roedores se baseia sobre o conhecimento de sua biologia, de seus hábitos comportamentais, suas habilidades e capacidades físicas e, também, no exame e conhecimento do meio ambiente onde os roedores a serem combatidos estão localizados.

Dessa forma o controle se baseia em um conjunto de ações voltadas ao roedor a ser combatido e ao o meio que o cerca, praticadas concomitantemente, o que denominamos de manejo integrado.

No estudo ora apresentado, a remoção ou diminuição de alimentos disponíveis, dificultou bastante a vida da espécie e pode, por si só, ter contribuído para a queda severa das populações de roedores. Contudo, pode-se inferir que se essas ações forem somadas a uma forma de combate direto, por métodos químicos ou físicos, a fim de eliminar os roedores já existentes, o resultado será um controle mais prolongado ou até permanente do problema.

Cabe destacar que o controle integrado de roedores contempla cinco ações distintas: Inspeção, identificação da espécie, antiratização (medidas preventivas e corretivas), desratização, avaliação e monitoramento.

Portanto, para a leptospirose, observou-se que no sistema público de saúde de Paranaguá, o cuidado maior com a contaminação pela *Leptospira* é no período chuvoso. Isso ocorre porque os

protocolos do Ministério da Saúde apontam a leptospirose como uma doença sazonal e endêmica, e sua ocorrência na área urbana na quadra chuvosa, e a doença é negligenciada nas demais estações do ano.

Os resultados desse estudo apontam para a necessidade de uma melhor compreensão da forma de contaminação dos indivíduos acometidos pela leptospirose identificando os sujeitos e pesquisando aspectos individuais como residência, local de trabalho, atividade exercida, trajeto para o trabalho, forma de transporte, entre outros fatores relacionados à contaminação.

Dessa forma, pode-se observar que Paranaguá apresenta tendência um crescente número de casos de leptospirose, devido às características geográficas, tornando o município propício para a propagação da doença. Além da falta de informação da população agravando ainda mais o problema de saúde pública local.

Recomenda-se que o poder público não poupe esforços no sentido de viabilizar e realizar manutenção e melhorias, nas vias de acesso ao Porto D. Pedro II, na rede de drenagem para separar o esgotamento sanitário das águas pluviais e para aumentar a capacidade e eficiência dos dois sistemas (águas pluviais e esgoto). O mesmo é válido para os serviços de coleta de lixo doméstico e resíduos da atividade portuária na área urbana de Paranaguá. Ainda nesse sentido, na revisão do plano diretor deve ser incluído um plano de controle de pragas urbanas, pois atualmente o município não tem ações voltadas ao controle da população de roedores, transmissores da leptospirose.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

Acha, P.N. & Szyfres, B. (2001). Zoonosis y Enfermidades Transmisibles Comunes al Hombre y a los Animales. Volmen I.

APPA (2014).Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina. Relatório de atividades da fauna sinantropica.

Albuquerque, H.N de; Silva, J. S. A. da; Albuquerque, I. C. S. de; & Cavalcante, M. L. F. (2008). Analise dos roedores urbanos em Três Bairros da Cidade de Campina Grande-PB. Revista de Biologia e Farmácia. 3(1), 14.

BRASIL (1998), Guia de Vigilância Epidemiológica: Ministério da Saúde; Fundação Nacional da Saúde (FUNASA)

BRASIL (1999). Manual de Leptospirose. Brasília: Ministério da Saúde, Fundação Nacional da Saúde (FUNASA).

BRASIL (2002). Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle de roedores. – Brasília: Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde.

BRASIL (2005). Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Guia de vigilância epidemiológica / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. 6. ed. ? Brasília: Ministério da Saúde.

De Paula, E. V. (2005). Leptospirose Humana: uma análise climato-geográfica de sua manifestação no Brasil, Paraná e Curitiba. Eduardo Vedor de Paula. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 2301-2308.

Freitas, W. F. de. (1999). História de Paranaguá: das origens à atualidade. Paranaguá, IHGP, 560p.

Garcia, N. O. (1998). Roedores em áreas urbanas. O Biológico: 60(2) Separata.

Grings, V. H. (2006). Controle integrado de ratos / Vitor Hugo Grings; revisão técnica de Cícero Juliano Monticelli, Doralice Pedroso de Paiva, Luis Carlos Bordin. – Concórdia: Embrapa Suínos e Aves.

Levett, P. N. (2001). Leptospirosis. Clinical Microbiology Reviews, 14:296-326.

Pereira, M. M. & Andrade, J. (1990). Humam Leptospirosis in Slum Area in the City of Rio de Janeiro, Brasil – A Serological and Epidemiological Study. Memórias do Instituto Osvaldo Cruz, 85, 47-52.

Prefeitura Municipal de Campinas (2006). Manual de controle integrado de pragas. Campinas – São Paulo.

Prefeitura Municipal de FlorianópoLis. Secretaria Municipal de Saúde Centro de Controle de Zoonose. Itacorubi – Florianópolis - SC (s/d).

Romero, E.C, Bernardo, C.C.M, & Yasuda P.H. (2003). Leptospirosis: a twenty-nine-year serological study in São Paulo, Brazil.Rev Inst Med Trop SPaulo, 45(5), 245-8.

Secretaria Municipal de Saúde (2012). Departamento de Epidemiologia. Paranaguá.

Sistema Nacional de Agravos e Notificações (2017). MS - SINAN.

Souza, F. X. da S. de. (2017). Os Condicionantes Socioambientais da Leptospirose na área Urbana de Paranaguá, Litoral do Paraná. Dissertação de Mestrado. Programa de Desenvolvimento Territorial Sustentável, Universidade federal do Paraná, Setor Litoral. Matinhos.

Tonetti, E. L.; Nucci, J. C.; & Souza, F.X.S. de. (2010). Inundações Freqüentes na Área Urbana de Paranaguá-Pr Programa de Pós-Graduação Em Geografia Da Universidade Federal do Paraná. Grupo de Pesquisa "Planejamento da Paisagem". Laboratório de Biogeografia E Solos (LABS) do Departamento de Geografia - UFPR.

Tucci, C. E. M. (1995). Inundações Urbanas. Inc: Tucci, C. E. M.; Porto, R. L., & Barros, M. T. (Orgs.). Drenagem Urbana. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 15-36.

Capítulo 13

Uso da programação linear para estimar ganhos econômicos em sistemas de integração lavoura-pecuária: o caso da combinação da ovinocultura com atividades agrícolas no estado do Paraná, Brasil

Recebido em: 14/06/2022
Aceito em: 16/06/2022
10.46420/9786581460419cap13

Elísio de Camargo Debortoli[1*]
Alda Lúcia Gomes Monteiro[2]
Augusto Hauber Gameiro[3]

INTRODUÇÃO

A gestão e o controle dos custos de produção são indispensáveis para a manutenção das atividades no meio rural. A programação matemática foi criada como instrumento para o planejamento, sendo uma ferramenta valiosa para construir cenários e realizar previsões (Dorfman, 1966).

Os modelos de otimização desenvolvidos a partir da técnica de programação linear são relevantes para auxiliar no planejamento e gestão da produção agropecuária, bem como para auxiliar na compreensão da complexidade e para estimar os ganhos potenciais do uso de sistemas integrados de produção (Gameiro et al., 2016). Os modelos devem ser simples e capazes de resolver os problemas demandados pelos produtores, ao mesmo tempo que precisam englobar os diversos fatores intrínsecos aos sistemas de produção animal, tais como os de natureza econômica e sociocultural. Diante disso, há crescente necessidade de se aplicar esse tipo de ferramenta na gestão dos sistemas de produção, buscando sua otimização e garantindo a viabilidade das atividades (Fontoura Júnior et al., 2007).

Modelos bioeconômicos são ferramentas para a compreensão dos impactos da produção e dos parâmetros econômicos para a eficiência de sistemas de produção de ovinos (Krupová et al., 2014). Comumente são desenvolvidos para correlacionar indicadores produtivos com o resultado econômico da ovinocultura.

A modelagem de sistemas de produção fornece informações sobre os níveis ótimos de produção (Gerichhausen et al., 2009) e apresenta-se como uma possível ferramenta para minimizar perdas, por meio do entendimento da dinâmica dos eventos do sistema, identificação dos pontos de estrangulamento da produção e orientação da elaboração de projetos, ou seja, para auxiliar os ovinocultores em sua tomada de decisão (Guimarães et al., 2010).

[1] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS – *Campus* Sertão.
[2] Universidade Federal do Paraná – UFPR.
[3] Universidade de São Paulo – USP – Campus Pirassununga.
[*] Autor correspondente: elisio.debortoli@sertao.ifrs.edu.br

O uso da programação linear pode apresentar resultados positivos tanto no aspecto técnico e gerencial da produção, quanto para a gestão das pessoas. Já a simulação de cenários e identificação de resultados otimizados amplia o horizonte de análise dos gestores, permitindo maior segurança na tomada de decisão (Barros et al., 2017).

A programação linear favorece a modelagem da propriedade rural e, a partir de um modelo-base, torna-se possível realizar simulações para identificar as modificações nos resultados. Também permite observar diretamente o custo de oportunidade de cada fator de produção, podendo-se identificar e quantificar os fatores mais restritivos. Assim, apresenta-se como uma ferramenta que traduz a realidade técnico-econômica da propriedade e ainda oferece possibilidades para se prever a renda de cada alternativa produtiva. Como instrumento, a programação linear permite a análise, compreensão e reflexão nas negociações entre os agentes do setor agrícola, numa dinâmica de enfoque sistêmico (Dossa, 2004).

Diversos estudos têm apontado o potencial e a aptidão do estado do Paraná para a produção de carne ovina. Nesse sentido, o resultado econômico é fator determinante da manutenção desta atividade agropecuária no meio rural.

A integração lavoura-pecuária é uma opção consolidada para a redução dos riscos produtivos por meio da diversificação, que também pode gerar redução de custos pela interação e rotação das culturas (Helmers et al., 2001). Diante de cenários de incerteza, produzir de forma eficiente torna-se insuficiente para manter-se e prosperar no negócio, sendo necessário desenvolver habilidades para a adaptação dos sistemas de produção, bem como a capacidade de flexibilização e diversificação das atividades produtivas.

Este estudo teve por objetivo estimar os efeitos da inserção da ovinocultura em sistemas de produção agrícolas do estado do Paraná na otimização dos recursos disponíveis e maximização do resultado econômico (lucro operacional), a partir da combinação ótima entre as diferentes possibilidades de produção e dos recursos disponíveis, por meio da técnica de programação linear.

MATERIAL E MÉTODOS

Para estimar os efeitos da integração da ovinocultura com outras atividades, foram utilizados dois modelos de integração lavoura-pecuária: o modelo descrito por Kutcher, Meeraus e O'Mara (1988) e o modelo descrito por Gameiro et al. (2016). No Quadro 1 estão descritas as principais características e resultados dos dois modelos utilizados nas simulações.

Para o modelo desenvolvido por Gameiro et al. (2016), foram realizadas as adaptações condizentes com a realidade da produção agropecuária do estado do Paraná, substituindo a produção de leite por ovinocultura, como atividade pecuária e, disponibilizando dez alternativas para cultivos agrícolas, sendo três culturas anuais de verão, uma cultura perene de verão e seis culturas anuais de inverno. Utilizou-se como referência um sistema de produção cooperativo, ou seja, que possui suporte logístico, de acesso a insumos, armazenagem e comercialização vinculado à uma cooperativa, o que reflete uma realidade observada no estado do Paraná.

Quadro 1. Principais características e resultados dos dois modelos utilizados para a simulação. Fonte: os autores.

Características	Modelo de Gameiro et al. (2016)	Modelo de Kutcheret al. (1988)
Objetivo geral	Estimar os ganhos econômicos potenciais, resultantes da integração da pecuária com a produção vegetal;	Maximizar a receita da propriedade por meio da melhor combinação entre fatores de produção limitados (terra, trabalho e água);
Hipótese	A produção agrícola e de animais em sistemas integrados na mesma propriedade pode gerar ganhos econômicos significativos e reduzir os impactos ambientais;	Os recursos produtivos (terra, trabalho e água) são escassos e a melhor combinação destes insumos pode proporcionar maior receita líquida para a propriedade;
Base de dados	Propriedade representativa localizada no estado de Minas Gerais, Brasil, com atividade principal a produção de leite;	Propriedade familiar do Paquistão dedicada a atividades agrícolas;
Tipo de técnica	Programação Linear;	Programação Linear;
Função objetivo	Maximização do lucro (*Z*);	Maximização do lucro (*YFARM*);
Unidade temporal	Mês;	Mês;
Período da análise	60 meses;	12 meses;
Área do sistema de produção	62,5 hectares;	10 hectares;
Resultados obtidos	A diversificação das atividades foi condição necessária para a obtenção de ganhos econômicos e indicou a possibilidade de redução dos custos em cerca de 30%, na comparação entre os cenários de maior e menor diversificação de atividades.	A solução otimizada combinou 80% dos cultivos propostos e priorizou o uso da terra com os cultivos mais intensivos em mão de obra. A análise de sensibilidade demonstrou que o principal fator limitante foi a disponibilidade de terra, sendo possível aumentar em 20% a receita média da propriedade com a duplicação da área disponível.

Para o modelo desenvolvido por Kutcher et al. (1988), foi mantida a demanda alimentar do rebanho resultante da aplicação do modelo de Gameiro et al. (2016), a partir de uma área fixa máxima para a produção de alimentos para os animais e criou-se cenários a partir da combinação das demais culturas agrícolas no restante de área disponível para a propriedade representativa.

Os dados referenciais para o sistema de produção de ovinos foram obtidos a partir de levantamentos realizados em 25 propriedades representativas de cinco mesorregiões produtoras de ovinos do estado do Paraná, para o ciclo de produção do ano de 2015. A coleta dos dados contou com o assessoramento técnico e logístico da Federação da Agricultura do Estado do Paraná – FAEP. Os dados agrícolas foram obtidos junto ao Departamento de Economia Rural (DERAL) da Secretaria da

Agricultura e Abastecimento (SEAB) do Estado do Paraná, à Fundação ABC para Pesquisa e Desenvolvimento Agropecuário e à Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB).

A propriedade representativa nesta análise possui uma área de 130 hectares. Destes, 28 hectares são constituídos de reserva legal e área de preservação permanente (APP). Dos 102 hectares restantes, 100 hectares estão disponíveis para as culturas agrícolas e de produção forrageira e 2 hectares são ocupados por estradas e áreas construídas (instalações, benfeitorias e moradia).

São possibilidades de cultivo/produção no verão: tifton (*Cynodon* spp.) para pastejo, soja (*Glycine max* L.), milho (*Zea mays*) para colheita de grãos e milho para silagem. Já no inverno as áreas podem ser ocupadas com o cultivo de aveia (*Avena* spp.), cevada (*Hordeum vulgare*) ou trigo (*Triticum* spp.) para produção de grãos, cevada para a produção de silagem/pré-secado ou ainda o consórcio de aveia e azevém (*Loluim multiflorum*) para o pastejo dos ovinos ou para a produção de silagem/pré-secado.

Foi estipulado o número de 250 matrizes e 5 carneiros como estrutura inicial para a produção de cordeiros para carne. Tal valor é compatível com a média de matrizes (247 ovelhas) das cinco propriedades que apresentaram o menor custo de produção durante o ciclo analisado, entre as 25 propriedades representativas do estado do Paraná, utilizadas como referência neste estudo. O número de 250 matrizes foi também referenciado por Reijers (2016) como valor inicial e de melhor resultado econômico na análise de cenários para produção de ovinos utilizando modelo de simulação computacional híbrido.

Para a aplicação em ambos os modelos, considerou-se como unidade física das variáveis vegetais o hectare, e da variável animal o indivíduo (cabeça – próprio animal). As variáveis foram consideradas contínuas, sendo assim, para os animais foi utilizado como referência de otimização, o valor inteiro arredondado mais próximo do resultado processado. A unidade temporal referencial utilizada foi o mês, sendo proposto o período de 60 meses (5 anos) como período para a simulação, devido à necessidade de aproximação da realidade produtiva para a execução e disponibilização de recursos financeiros para análise de investimentos agropecuários.

Para os preços dos produtos agrícolas, foram utilizados os valores médios mensais para o período entre janeiro de 2011 a dezembro de 2015, retratando o histórico dos preços praticados nos últimos 60 meses, atualizados pelo Índice Nacional de Preço ao Consumidor (INPC) do IBGE para o período de dezembro de 2015. Tais séries históricas foram pesquisadas junto à Fundação ABC para Pesquisa e Desenvolvimento Agropecuário (2015), à pesquisa de preços pagos pelos produtores realizada pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado do Paraná (SEAB, 2015) e à Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) para o estado do Paraná.

Para os produtos da ovinocultura, foi utilizada a série histórica de preços informada por uma cooperativa do estado do Paraná, referente ao preço do kg de carcaça do cordeiro, para o período entre janeiro de 2011 a dezembro de 2015, atualizados pelo INPC/IBGE para o período de dezembro de 2015.

A unidade referencial para mão de obra é a hora de trabalho. A demanda por mão de obra para cultivos ou manejo dos animais precisa ser alocada de acordo com a disponibilidade de pessoal e com a carga horária disponível. Não existem funcionários exclusivos, ou seja, cada unidade de mão de obra pode ser alocada nas diferentes atividades desenvolvidas.

No sistema cooperativista é comum o produtor manter uma conta corrente para a movimentação de insumos e recebimento do pagamento pela venda dos produtos. Partindo do pressuposto que os ingredientes da dieta apresentam os valores adequados de nutrientes para cada produto, a constituição da dieta será baseada na capacidade de ingestão de matéria seca (IMS) da categoria animal, expressa em percentual do peso vivo, seguindo a recomendação do NRC (2007); e os insumos alimentares desta dieta podem ser produzidos na propriedade ou retirados na conta corrente do cooperado. Há oscilação considerável nos preços desses insumos, devido ao volume adquirido e aos custos logísticos. A composição nutricional dos alimentos para o modelo proposto, seguiu prioritariamente os valores proconizados pelo National Research Council – NRC (2007).

O sistema de produção é misto, ou seja, os animais podem tanto permanecer estabulados como no pasto. É priorizado o uso dos ingredientes alimentares volumosos, produzidos na propriedade. A ração é utilizada como complemento alimentar, estrategicamente para categorias animais em períodos de maiores exigências (ovelhas gestantes, cordeiras de reposição e cordeiros em fase de terminação). Os animais recebem suplementação mineral ad libitum. A fonte e disponibilidade de água é natural e utilizada essencialmente para a dessedentação dos animais.

Apriscos fazem parte da estrutura de manejo dos ovinos no estado do Paraná, devido à necessidade de recolhimento dos animais à noite. Diante disso, é possível utilizar essas mesmas instalações para manter os animais estabulados e para realizar atividades de manejo. Os produtos da ovinocultura serão: cordeiros (as) para abate, borregas para venda a outros ovinocultores, ovelhas de descarte e carneiros de descarte.

Os custos variáveis – em R$/hectare para vegetais e R$/cabeça para animais – são considerados mensalmente conforme sua ocorrência, considerando as épocas de cultivos dos vegetais e das práticas de manejo dos animais, sendo estes: sementes, fertilizantes, defensivos, óleo diesel (para os vegetais); e, ração, sal mineral, vacinas e medicamentos (para animais). Os custos fixos são constituídos pela: energia elétrica, folha de pagamento, taxas anuais, depreciação de benfeitorias e equipamentos, assistência técnica e custos administrativos.

Nos custos dos insumos estão inseridos os custos logísticos, pois considerou-se o preço do insumo entregue pela cooperativa, na propriedade. Diante da ausência de séries históricas para os preços dos produtos da ovinocultura, utilizou-se a média dos valores mensais pagos pelos produtores vinculados às cooperativas da região central do estado do Paraná, para o período entre 2011 e 2015, corrigidos pelo INPC/IBGE para o período de dezembro de 2015. Os custos das atividades agrícolas foram baseados nas estimativas do custo de produção das culturas, referente ao ano de 2015, publicadas pelo

Departamento de Economia Rural (DERAL) da Secretaria da Agricultura e Abastecimento (SEAB) do estado do Paraná.

No Quadro 2 são apresentados os índices do modelo de Gameiro et al. (2016), aplicados para a simulação com os dados produtivos do estado do Paraná.

Quadro 2. Índices do modelo de Gameiro et al. (2016) utilizados para a simulação com os dados produtivos do estado do Paraná. Fonte: Adaptado de Gameiro et al. (2016).

Índices	
t:	tempo – expresso em meses (1, 2, 3,..., 60);
c:	possibilidades de cultivos vegetais;
	ci: subconjunto de cultivos de inverno;
	cv: subconjunto de cultivos de verão;
p:	produtos produzidos pela propriedade;
g:	alimentos para os animais;
	Gv: subconjunto g de alimentos volumosos;
	Gc: subconjunto g dos alimentos concentrados;
	Gp: subconjunto g para alimentos baseados em pastagem;
a:	categorias animais da propriedade;
r:	requerimento nutricional;
d:	conjunto dos grupos de dieta para os animais.

No Quadro 3 são apresentados os parâmetros do modelo de Gameiro et al. (2016) utilizados para a simulação com os dados produtivos do estado do Paraná.

Quadro 3. Parâmetros do modelo de Gameiro et al. (2016) utilizados para a simulação com os dados produtivos do estado do Paraná. Fonte: Adaptado de Gameiro et al. (2016).

Parâmetros
$pprice_{pt}$ – preço do produto *p* comercializado pela propriedade no período *t*;
$apyield_{ap}$ – produtividade da produção do produto *p* de cada categoria animal *a*;
$animalcst_{at}$ – custo variável da produção de cada categoria animal *a* no período *t*;
animalhealth – custo mensal médio com sanidade dos animais;
$animallabor_a$ – demanda mensal de trabalho para cada categoria animal *a*;
$croplabor_c$ – demanda mensal de trabalho para cada cultura vegetal *c*;
laboravailable – horas mensais de trabalho disponíveis na propriedade;
laborfixedcost – custo fixo de mão de obra por mês;

depreciation – custo fixo de depreciação do capital imobilizado, por mês;

mineralsupl – custo mensal médio com suplementação mineral aos animais;

energycst – custo fixo mensal com energia elétrica;

officecst – custo fixo mensal com despesas administrativas;

generaltaxes – custo fixo mensal com taxas diversas;

fixedcsts – somatório dos custos fixos mensais (mão de obra, depreciação, energia elétrica, despesas administrativas e taxas diversas);

cstinvfeed 0 – custo para a formação do estoque inicial de alimentos;

$gcst_{gt}$ – custo de aquisição do alimento concentrado *g* para alimentação animal no período *t*;

$cropcst_{ct}$ – custo variável para a cultura *c* no período *t*;

$croplabor_{ct}$ – demanda de trabalho na cultura *c* no período *t*;

$arequire_{ar}$ – requerimento nutricional *r* para a categoria animal *a*;

areacrop – total de área disponível para agricultura;

areacropsummer – total de área disponível para agricultura no verão;

areacropwinter – total de área disponível para agricultura no inverno;

areapasture – total de área disponível exclusivamente para pastagem;

areapasturesummer – total de área disponível exclusivamente para pastagem no verão;

areapasturewinter – total de área disponível exclusivamente para pastagem no inverno;

area – área total da propriedade;

$occuparea_{ct}$ – indica se a cultura *c* pode ocupar a área no período *t*;

$occuparea_{at}$ – indica se o animal *a* pode ocupar a área no período *t*;

$harvestdate_{ct}$ – indica em qual período *t* a cultura *c* pode ser colhida;

$lcstfeed_{da}$ – custo logístico para a alimentação de cada categoria animal *a* com o grupo da dieta *d*;

$feedlabor_{ad}$ – demanda mensal de trabalho para alimentar a categoria animal *a* com o grupo da dieta *d*;

truckcapacity – capacidade do vagão forrageiro utilizado na propriedade;

$cropyield_c$ – produtividade da cultura *c*;

aprodfeed – indica os alimentos volumosos produzidos na propriedade;

amercfeed – indica os alimentos concentrados adquiridos na cooperativa;

$invfeed_g$ – estoque inicial de alimentos volumosos *g* na propriedade;

addcosts – custos fixos adicionais (depreciação, energia, despesas administrativas, taxas, etc.

No Quadro 4 são apresentadas as variáveis do modelo de Gameiro et al. (2016) utilizadas para a simulação com os dados produtivos do estado do Paraná.

Quadro 4. Variáveis do modelo de Gameiro et al. (2016) utilizadas para a simulação com os dados produtivos do estado do paraná. Fonte: Adaptado de Gameiro et al. (2016).

Variáveis
Z: resultado financeiro total do sistema no horizonte de planejamento, composto pela soma do lucro mensal; $SALEPROD_{pt}$: produto *p* produzido na propriedade e vendido na cooperativa no período *t*; XA_{at}: número de animais de cada categoria *a* em cada período *t*; $CROP_{ct}$: cultura vegetal *c* plantada no período *t*; $GRAZE_{ct}$: cultura vegetal para pastejo *c* disponível no período *t*; $FEEDPROD_{gt}$: alimento volumoso *g* produzido pela propriedade no período *t*; $FEED_{gat}$: alimento *g* fornecido aos animais da categoria *a* no período *t*; $FEEDINV_{gt}$: estoque na propriedade do alimento volumoso *g* no período *t*; $FEEDCOOP_{gt}$: alimento concentrado *g* adquirido na cooperativa no período *t*; $LABORANIMAL_t$: alocação de mão de obra para o manejo de todas as categorias animais no período *t*; $LABORCROP_t$: alocação de mão de obra para o manejo de todas as culturas vegetais no período *t*; $LABORFEED_t$: alocação de mão de obra para o manejo da alimentação de todas as categorias animais no período *t*; *LABORTOTAL* : alocação de mão de obra para as atividades da propriedade no período.

A função objetivo foi adaptada do modelo proposto por Gameiro et al. (2016) para o caso em estudo e é expressa por:

$$Z = \sum_{pt} (pprice_{pt})\, SALEPROD_{pt} - \sum_{ct} cropcst_{ct}\ CROP_{ct} - \sum_{at} animalcst_{at}\ XA_{at} - \sum_{ft} lfeed_{da}\ equipcapacity_d FEEDGROUP_{dat} - \sum_{gt} gcst_{gt}\ FEEDMERC_{gt} - fixedcosts$$

As restrições do modelo proposto por Gameiro et al. (2016) utilizadas para a simulação com os dados produtivos do estado do Paraná estão descritas no Quadro 5.

Quadro 5. Restrições do modelo de Gameiro et al. (2016) adaptadas para a simulação com os dados produtivos do estado do Paraná. Fonte: Adaptado de Gameiro et al. (2016).

Restrições
1. Garantir o número de animais constantes no rebanho: $XA_{at} = XA_{a(t+1)}$ □□ *a;* $1 \leq t < card(t)$
2. Relação entre o número de matrizes e cordeiros nascidos no rebanho:

$XA_{bornlamb,\,t} = a\,(XA_{dam,\,t} + XA_{ewelambr\,,\,t})$ □□ t; a = 1,20

3. Relação entre o número de matrizes e borregas de reposição no rebanho:
$XA_{ewelambr,\,t} = \beta\, XA_{dam,\,t}$ □□ t; β = 0,22

4. Relação entre o número de matrizes e carneiros no rebanho:
$XA_{ram,\,t} = \gamma\, XA_{dam,\,t}$ □□ t; γ = 0,02

5. Equação para o cálculo do número de cordeiros em relação à quantidade de matrizes do rebanho (ovelhas e borregas):
$XA_{a,\,t} = \varepsilon.XA_{ewelambr,\,t} + \lambda.\, XA_{dam,\,t}$ □□ t; ε = 0,85 ; λ = 0,90

6. Relação entre o número de matrizes e borregas para venda no rebanho:
$XA_{ewelambv,\,t} = \omega\, XA_{meatlambf,\,t}$ □□□□ t; ω = 0,18

7. Relação entre o número de matrizes e cordeiros (as) para abate no rebanho
$XA_{meatlambm,\,t} = \delta\,(XA_{ewelambr,\,t} + XA_{dam,\,t})$ □ t; δ = 0,65

8. Relação entre o número de matrizes e matrizes para descarte no rebanho
$XA_{damd,\,t} = \Omega\,(XA_{dam,\,t})$ □ t; Ω = 0,20

9. Composição da dieta:
$$FEEDINV_{gt} = FEEDINV_{g(t-1)} + FEEDPROD_{gt} + FEEDMERC_{gt} - \sum_A FEED_{gat}\ \forall\, g,t;$$
10. Garantir a proporção mínima de volumoso na dieta:
$$\sum_g content_{gr}\, FEED_{gat} = arequire_{ar}.concnetrreq_a.XA_{at}\ \forall\, a\ t;\ \ r \in \{drymatter\}$$
11. Garantir a proporção mínima de concentrado na dieta:
$$\sum_g voldem_a\, FEED_{agt} = arequire_{ar}.\left(1 - FEEDMERC_{gt}\right).XA_{at}\ \forall\, a,r,t;$$
12. Garantir o fornecimento de energia e proteína na alimentação dos animais:
$$\sum_g content_{gr}\, content_{g,"drymatter"}\, FEED_{gat} \geq arequire_{ar} XA_{at}\ \forall\, a,t;\ r \in \{energy, crudpro\}$$
13. Garantir o fornecimento de minerais na alimentação dos animais:
$$\sum_g content_{gr}.FEED_{gat} = arequire_{ar}.XA_{at}\ \forall\, a,t;\ r \in \{minerals\}$$
14. Elaboração de dieta completa:
$$FEEDGROUP_{"completediet",a,t} = \sum_g FEED_{gat}\ \forall\, a,t;\ d \in \{completediet\}$$
15. Composição da dieta baseada em pastagem:
$$FEEDGROUP_{"pasture",a,t} = \sum_g FEED_{gat}\ \forall\, a,t;\ d \in \{pasture\}$$
16. Restrição de área:
$$\sum_c occuparea_{ct}\, CROP_{ct} \leq area\ \forall\, t;$$
17. Disponibilidade de área para cultivo agrícola:
$$occuparea_{ct}\, CROP_{ct} = occuparea_{(t+1)} CROP_{(t+1)}\ \forall\, \mathrm{c}, t^c_{\mathrm{sowingdate}} \leq t \leq t^c_{\mathrm{harvesdate}};$$
18. Restrição de área para cultivo agrícola no verão:
$$\sum_c occuparea_{ct}\, CROP_{ct} \leq areacropsummer\ \forall\, t;$$
19. Restrição de área para cultivo agrícola no inverno:
$$\sum_c occuparea_{ct}\, CROP_{ct} \leq areacropwinter\ \forall\, t;$$

20. Restrição de área para pastagens no verão:

$$\sum_{c} occuparea_{ct}\, GRAZE_{ct} \leq areapasturesummer \;\forall\, t;$$

21. Restrição de área para pastagens no inverno:

$$\sum_{c} occuparea_{ct}\, GRAZE_{ct} \leq areapasturewinter \;\forall\, t;$$

22. Produção de alimentos a partir das culturas c plantadas na propriedade

$$\sum_{g} FEEDPROD_{gt}\, cropconv_{gt} = cropyield_{c}\; harvestdate_{c}\, CROP_{ct} \;\forall\, c,t;\; cropconv_{cg} \neq$$

23. Balanço dos estoques de alimentos g:

$$FEEDINV_{gt} = FEEDINV_{g(t-1)} + aprodfeed_{g} FEEDPROD_{gt} + amercfeed_{g} MERCFEED_{gt} - \sum_{a} FEED_{gat}$$

24. Cálculo de produtos comercializados na propriedade:

$$SALEPROD_{pt} = \sum_{a} apyield_{ap}\, XA_{at} + \sum_{c} cropyield_{c}\; CROP_{ct} \;\forall\, p,t;$$

25. Disponibilidade de trabalho:

$$\sum_{a} animallabor_{a}\, XA_{at} + \sum_{c} croplabor_{c}\, CROP_{ct} \leq laboravailable \;\forall\, t;$$

26. Restrição de não-negatividade:

$$PROD_{pt}, CROP_{ct}, XA_{at}, FEEDPROD_{gt}, FEEDINV_{gt}, SALEPROD_{pt} \geq 0$$

Para a composição do rebanho, foram desenvolvidas equações que retratam uma evolução de rebanho baseada em indicadores zootécnicos esperados, e que correlacionam o número de animais de diferentes categorias entre si. Essa proporção é importante na composição do modelo de otimização. A variável central é o número de ovelhas adultas (matrizes para reprodução). A partir desta, as demais categorias animais são mensuradas. O Quadro 6 descreve a composição resumida do rebanho ovino.

Para manter o número de animais constantes no rebanho, o número de matrizes (dam) será mantido estável em um determinado período t. O número de borregas para reposição (ewelambr) será igual ao número de número de matrizes de descarte (damd) + a compensação da taxa de mortalidade de animais adultos (TXMORSHEEP).

$$ewelambr = (damd + ramd) \times TXREPOS + ((dam + ram) \times TXMORSHEEP$$

Quadro 6. Composição resumida do rebanho ovino. Fonte: os autores.

Categoria	Variável
Ovelhas	*Dam*
Carneiros	*Ram*
Borregas para reposição	*Ewelambr*
Borregas para venda	*Ewelambv*
Ovelhas de descarte	*Damd*
Carneiros de descarte	*Ramd*
Cordeiras para abate	*Meatlambf*
Cordeiros para abate	*Meatlambm*
Cordeiros (as) até o desmame	*Bornlamb*

A taxa de reposição, TXREPOS, é representada no modelo pelo parâmetro β. Foi utilizado como referência a taxa de reposição de 20% em relação ao número ovelhas e carneiros do rebanho, valor preconizado pelas cooperativas de carne do estado do Paraná adicionada da compensação da TXMORSHEEP, considerada para esse modelo de 2%.

Para a geração de cordeiros a partir das categorias multiplicadoras, são necessários carneiros (ram). A técnica de inseminação artificial em ovinos é utilizada com maior frequência em rebanhos voltados à produção de genética (animais puros). Em levantamento realizado junto a rebanhos comerciais para produção de carne ovina do estado do Paraná, no ano de 2015, não foi observado o uso de inseminação artificial. Nesse sentido, para simulação nesse modelo, será utilizada a relação carneiro: ovelha (TXREPROD) recomendada pelas cooperativas de carne do estado do Paraná (1: 50) ou seja, 2% em relação ao número de matrizes, representado no modelo pelo parâmetro γ.

Serão utilizados os indicadores zootécnicos preconizados pelas cooperativas de carne ovina do estado do Paraná. Estes serão tratados em termos percentuais (taxas), sendo eles: taxa de mortalidade de cordeiros (TXMORLAMB); taxa de mortalidade de borregas (TXMOREWEL); taxa de mortalidade de ovelhas adultas (TXMORDAM); taxa de mortalidade de carneiros (TXMORRAM); taxa de prenhez de ovelhas (TXPREDAM) e; taxa de prenhez de borregas (TXPREEWEL). O número de animais reprodutores mortos é dado por:

deadsheep = TXMOREWEL (ewelambr) + TXMORDAM (dam) + TXMORRAM (ram).

A partir das taxas de mortalidade e reprodutivas, é possível obter-se a taxa média de geração de cordeiros (TXMGLAMB), pelo somatório da taxa média de geração de cordeiros a partir de borregas (TXMGLEWEL) com a taxa média de geração de cordeiros a partir de ovelhas (TXMGLDAM). No modelo proposto, TXMGLAMB é representada por α; TXPREEWEL é representada por ε e TXPREDAM é representada por λ. Sendo assim:

TXMGLAMB = (ε.TXPREEWEL – TXMORLAMB) + (λ.TXMGLDAM – TXMORLAMB)

Quadro 7. Indicadores zootécnicos preconizados pelas cooperativas de carne ovina do estado do Paraná. Fonte: os autores.

Indicador	Valor	Indicador	Valor
TXREPOS	22%	*TXMORRAM*	2%
TXREPROD	2%	*TXPREDAM*	90%
TXMORLAMB	10%	*TXPREEWEL*	85%
TXMOREWEL	2%	*TXMGLAMB*	130%
TXMORDAM	2%		

Em rebanhos ovinos comerciais destinados a produção de carne é desejável a ocorrência de partos gemelares, característica esta frequente para pequenos ruminantes e que, dependendo do manejo adotado e de aspectos raciais, pode representar taxa superior a de partos simples. Neste sentido, seguindo os

parâmetros preconizados pelas cooperativas de carne ovina do estado do Paraná, o Quadro7 apresenta os índices zootécnicos utilizados para o desenvolvimento do modelo de otimização.

Este esquema proposto para composição do rebanho foi inserido no modelo de otimização, de modo que o número otimizado de animais em cada categoria possa ser sugerido, respeitando as relações entre as categorias e os indicadores zootécnicos preconizados.

Para a composição da receita proveniente da comercialização de animais destinados ao abate, venda ou descarte, considerou-se a seguinte equivalência: i) os cordeiros (as) para abate (meatlambm + meatlambf) são os balizadores de preço no mercado; ii) as borregas para venda (ewelambv) possuem preço 40% superior ao preço do cordeiro para abate; iii) as ovelhas de descarte (damd), apesar de possuírem peso superior possuem preço que corresponde à 75% do preço dos cordeiros para abate; iv) os carneiros de descarte (ramd), pesam em média o dobro de um cordeiro para abate, no entanto, o valor de mercado do kg vivo equivale à metade do preço dos cordeiros, ou seja, acabam possuindo o mesmo valor de um cordeiro para abate. Essas relações de equivalência de preço entre categorias estão sumarizadas no Quadro 8.

Quadro 8. Equivalência de preços entre categorias de ovinos comercializáveis (cabeças). Fonte: os autores.

Equivalência de preços entre categorias de ovinos comercializáveis (cab.)
1 *damd* = 0,75 *meatlamb*
1 *ewelambv* = 1,4 *meatlambm*
1 *ramd* = 1 *meatlambm*

Para a aplicação do modelo proposto por Kutcher et al. (1988), utilizou-se para a propriedade representativa a mesma área agrícola (100 hectares). Foram utilizados os valores para o preço dos insumos produtivos, preços recebidos pela comercialização de produtos, custos das culturas agrícolas e da ovinocultura obtidos junto à Fundação ABC para Pesquisa e Desenvolvimento Agropecuário (2015), à pesquisa de preços pagos pelos produtores realizada pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado do Paraná (SEAB, 2015), à Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) para o estado do Paraná, além dos valores mensais pagos pelos produtores vinculados às cooperativas da região central do estado do Paraná, para o período entre 2011 e 2015, corrigidos pelo INPC/IBGE para o período de dezembro de 2015.

Partindo do resultado de evolução do rebanho ovino encontrado na aplicação do modelo de Gameiro et al. (2016), fixou-se um valor mínimo de produção de alimentos para os animais (expresso em área ocupada por forrageiras), de acordo com a demanda alimentar do rebanho e com o tipo de alimento produzido. Diante dessa demanda, formulou-se cenários para serem testados pelo modelo de Kutcher et al. (1988), combinando a demanda alimentar do rebanho com as demais culturas agrícolas disponíveis no restante da área agrícola da propriedade (Tabela 1).

A função objetivo do modelo proposto por Kutcher et al. (1988) foi adaptada para a simulação com os dados produtivos do estado do Paraná, sendo representada por:

〖YFARM〗_t= 〖REVENUE〗_ct+ 〖LABEARN〗_t - 〖LABCOST〗_t-mcost

No Quadro 9 são apresentados os índices, parâmetros, variáveis e restrições do modelo de Kutcher et al. (1988), adaptados para a simulação com os dados produtivos do estado do Paraná.

Quadro 9. Índices, parâmetros, variáveis e restrições do modelo de Kutcher et al. (1988) adaptados para a simulação com os dados produtivos do estado do Paraná. Fonte: Adaptado de Kutcher et al. (1988).

Índices
t: tempo – expresso em meses (1, 2, 3,..., 60);
c: possibilidades de cultivos vegetais;
p: produtos produzidos pela propriedade;
l: possibilidades de uso do solo;
o:: produtividade das culturas agrícolas;
r: receita com as atividades agrícolas;
Parâmetros
$pprice_{pt}$ – preço do produto *p* comercializado pela propriedade no período *t*;
$yield_c$ – produtividade da cultura agrícola *c*;
$mcost_{pt}$ – custo operacional da cultura agrícola *c* no período *t*;
tlab – horas mensais de trabalho temporário contratado disponíveis na propriedade;
owage – custo de oportunidade do uso da mão de obra familiar fora da propriedade;
twage – salário do trabalhador contratado;
dpm – número de dias úteis por mês;
$laborreq_{pt}$ – requerimento de horas trabalhadas pela cultura *c* no período *t*;
$landreq_{pt}$ – área ocupada pela cultura *c* no período *t*;
Variáveis
YFARMt : resultado financeiro total do sistema no horizonte de planejamento;
XCROPct : cultura vegetal c plantada no período *t*;
REVENUEct : valor da produção da cultura c no período *t*;
LABCOSTt : custos com mão de obra no período *t*;
LABEARNt : renda com o trabalho familiar no período *t*;
FLABt – horas mensais de trabalho familiar disponíveis na propriedade;
FOUTt : oportunidade do uso do trabalho familiar no período *t*
TLABt: trabalho temporário contratado no período *t*.

Restrições

1. Restrição quanto ao tamanho de área:

$$LANDBAL_t = \sum XCROP_{ct} . landreq_{pt} \ \forall \ c,p,t;$$

2. Valor da produção agrícola:

$$REVENUE_{ct} = \sum XCROP_{ct} . yield_{c} . pprice_{pt} \ \forall \ c,p,t;$$

3. Disponibilidade de trabalho:

$$\sum XCROP_{ct} . laborreq_{ct} \leq FLAB_t + TLAB_t \forall \ c,t;$$

4. Possibilidades de uso do trabalho familiar:

$$FAMLAB_t = FLAB_t + FOUT_t \ \forall \ c,t;$$

5. Custo da mão de obra:

$$LABCOST_t = tlab.owage + lab.twage \ \forall \ t;$$

A partir das adaptações do modelo proposto por Kutcher et al. (1988) em observações da realidade produtiva paranaense, foram criados dez cenários com a combinação da produção de alimentos de acordo com a expectativa da demanda alimentar média de volumosos para o rebanho ovino evoluído a partir do número máximo de 250 matrizes e definido pela aplicação do modelo Gameiro et al. (2016). O restante da área foi distribuído com possíveis combinações das demais culturas agrícolas disponíveis. A Tabela 1 descreve os dez cenários propostos.

Tabela 1. Cenários propostos para a aplicação do modelo de Kutcher et al. (1988) com os dados produtivos do estado do Paraná. Fonte: os autores.

Cenário	Silagem de milho (ha)	Silagem de cevada (ha)	Pré-secado de aveia e azevém (ha)	Pastagem de tifton (ha)	Pastagem de aveia e azevém (ha)	Soja grão (ha)	Milho grão (ha)	Cevada grão (ha)	Trigo grão (ha)	Aveia grão (ha)
C1	21,84	-	-	-	-	52,00	26,16	33,33	33,33	33,33
C2	-	45,83	-	-	-	70,00	30,00	18,06	18,06	18,05
C3	-	-	68,08	-	-	70,00	30,00	10,64	10,64	10,64
C4	7,47	-	-	25,00	-	45,00	22,53	25,00	25,00	25,00
C5	9,20	-	-	-	38,10	60,00	30,80	20,63	20,63	20,63
C6	-	-	26,66	-	38,10	100,00	-	35,23	-	-
C7	21,84	-	-	-	-	52,00	26,16	100,00	-	-
C8	21,84	-	-	-	-	78,16	-	-	100,00	-
C9	21,84	-	-	-	-	-	78,16	-	-	100,00
C10	5,00	10,00	10,00	10,00	35,00	60,00	25,00	15,00	15,00	15,00

Os modelos matemáticos de Kutcher et al. (1988) e de Gameiro et al. (2016), adaptados para os dados produtivos do estado do Paraná foram processados com o uso do solver CPLEX por meio do software General Algebraic Modeling System (GAMS), versão 24.8.5.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos processos de modelagem retratam soluções de otimização, obtidas a partir de dados inseridos nos modelos. Portanto, quanto mais próximas à realidade produtiva forem as informações utilizadas, mais próximos dessa realidade estarão os resultados otimizados. A Tabela 2 reúne os resultados da otimização dos sistemas de produção de carne ovina a partir da aplicação do modelo de Gameiro et al. (2016) com os dados produtivos do estado do Paraná.

Ainda como resultados da composição do rebanho, o modelo otimizado indicou que 32 ovelhas permanecerão vazias e que o número de ovelhas de descarte deverá ser de no mínimo 36 cabeças. Este sistema de composição do rebanho a partir da definição do número de animais da categoria principal para, a partir dessa e, com base nos índices zootécnicos, gerar os montantes para as outras categorias também foi utilizado por Barros et al. (2017) que enfatizam a necessidade de maior monitoramento e organização da atividade, afim de identificar valores relacionados à cada unidade de produção e, consequentemente, garantir a acurácia dos dados.

Tabela 2. Características do modelo 1 otimizado para a produção de ovinos em combinação com atividades agrícolas no estado do Paraná a partir da aplicação do modelo de Gameiro et al. (2016). Fonte: os autores.

Categoria	Resultado otimizado
Animais (cabeças)	
Ovelhas	244
Carneiros	5
Cordeiros (as) para abate	160
Borregas reposição	60
Borregas para venda	44
Cultivos (em hectares)	
Silagem de milho (ano 1)	1,00
Pastagem de aveia e azevém (ano 1)	100,00
Soja (ano 1)	8,75
Soja (ano 2)	23,78
Cevada (ano 1)	71,33
Cevada (ano 2)	71,26
Cevada (ano 3)	71,26
Cevada (ano 4)	71,26
Cevada (ano 5)	15,42
Trigo (ano 5)	9,25

Quanto ao estoque inicial de alimentos, o modelo indicou a demanda por grãos em proporção semelhante à observada para a produção agrícola na simulação, além de ter utilizado milho grão, aveia grão e silagem de cevada. Nota-se que o modelo priorizou o uso da área agrícola para produção de alimentos para os ovinos no período de inverno, sendo 100% da área utilizada para pastejo dos ovinos no ano um e maior proporção da área para produção de cereais de inverno nos anos dois, três, quatro e cinco. Nos momentos de colheita de cereais de inverno, houve a maior demanda por mão de obra, sendo

indicada a contratação de mão de obra temporária no mês de novembro. O modelo considerou o uso de grãos estocados na cooperativa, como o caso da soja, para a formulação da dieta dos ovinos, equivalente à produção de 8,48 hectares.

O modelo de Gameiro et al. (2016) também considera custos de transação, representados por custos logísticos; variáveis ambientais como a reutilização dos dejetos animais e da água da limpeza do processo de ordenha nos tratos culturais e; o balanço de carbono equivalente emitido/sequestrado pelo sistema. Esse modelo apresenta como principais vantagens os benefícios dos processos de diversificação de atividades e integração lavoura-pecuária, tanto no aspecto de economias de escopo quanto nos ganhos ambientais. Para a aplicação desse modelo com os dados produtivos do estado do Paraná, encontrou-se como fator limitante a dificuldade de alternar a importância entre as atividades agrícola e de produção animal. O modelo de Gameiro et al. (2016) tem a bovinocultura de leite como atividade central, sendo a produção agrícola elementar para o fornecimento da alimentação para os animais. Para a realidade paranaense, seria interessante conduzir as culturas anuais de verão como atividades centrais e a produção de animais (ovinocultura) como atividade complementar e otimizadora dos insumos produtivos, na busca por economias de escopo.

O modelo de Kutcher et al. (1988) é relativamente pequeno em termos de variáveis e restrições simbólicas; enfatiza questões relacionadas à produção de alimentos para o consumo familiar, limitação de área e uso de mão de obra, inclusive sob o aspecto de oportunidade alternativa do uso da mão de obra em atividades não agrícolas. No entanto, apresenta como vantagens o efeito da combinação de atividades e a análise de sensibilidade em relação à suas restrições. Na Tabela 3 é apresentado o resultado dos dez cenários simulados com esse modelo e a relação do resultado financeiro do cenário otimizado com os demais, para os dados produtivos do Paraná.

Tabela 3. Resultado dos cenários para o valor da função objetivo e a relação entre o resultado financeiro do melhor cenário com os demais para a aplicação do modelo de Kutcher et al. (1988) com os dados produtivos do estado do Paraná. Fonte: os autores.

Cenário	Valor da função objetivo	Variação % em relação ao cenário otimizado (C6)
C1	1.956.750	15%
C2	2.146666	17%
C3	2.101.033	16%
C4	1.979.790	15%
C5	1.929.967	15%
C6	12.810.107	"–"
C7	1.956.750	15%
C8	1.896.542	15%
C9	3.420.750	27%
C10	683.500	5,3%

O cenário 6 apresentou o melhor resultado econômico e está baseado na produção de soja em toda a área agricultável no verão e produção de alimentos para os ovinos no inverno com: 38,10% da área de inverno ocupada com pastagem de aveia e azevém; 26,66% com silagem pré-secada de aveia e azevém e 35,23% com cevada para produção de grãos. Tais resultados vão ao encontro das observações de campo nas mesorregiões abrangidas nesse estudo.

O cenário 9 foi apresentou o segundo melhor resultado econômico e utiliza: 21,84% da área agrícola no verão para produzir toda a demanda de forrageiras conservadas para os ovinos e o restante da área de verão (78,16%) é utilizada para a produção de milho grão. Esse cenário foge parcialmente da realidade de campo, pois a cultura do milho é considerada mais instável e arriscada que a cultura da soja, portanto, dificilmente o produtor irá elegê-la como cultura exclusiva para o verão no estado do Paraná. Neste cenário, toda a área de inverno foi destinada à produção de aveia grão, o que pode racionalmente ser adotado pelos produtores devido ao menor risco desta cultura.

O cenário 10 apresentou o pior resultado econômico. Neste cenário, foram produzidas todas as opções de cultivo, sendo no verão: 10% da área com pastagem de tifton, 5% com silagem de milho, 60% com soja e 25% com milho grão. Já no inverno a área foi utilizada: 10% com silagem de cevada, 10% com silagem pré-secada de aveia e azevém, 35% com pastagem de aveia e azevém, 15% com cevada grão, 15% com trigo grão e 15% com aveia grão. Neste cenário, o fator limitante é a mão de obra e, a partir do incremento desta variável, o resultado econômico tende a melhorar.

Sistemas de produção que integram produção animal e vegetal, têm potencial para fornecer serviços ecossistêmicos adicionais, evitando impactos negativos ao meio ambiente e, ao mesmo tempo, promover a rotação de culturas, os cultivos consorciados, o uso de cultivares de duplo propósito e o aproveitamento dos resíduos culturais pelo pastejo. Dessa maneira podendo auferir maior rentabilidade (Sulc: Franzluebbers, 2014).

De acordo com o Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES) a área cultivada com soja no estado do Paraná, no ano de 2015, foi de aproximadamente 5,25 milhões de hectares, enquanto que o cultivo dos cerais de inverno aveia, cevada e trigo somados atingiram 1,44 milhões de hectares, ou seja, 27,47% das áreas de cultivo da soja no verão. Quando analisadas as cinco mesorregiões contempladas nesta pesquisa (Centro-Sul, Centro Oriental, Oeste, Sudoeste e Norte Central), este agrupamento compreende 60,26% da área cultivada com soja no estado, 59,33% da área de cultivo de trigo, 66,24% da área de cultivo de aveia e, 92,19% da área de cultivo de cevada. Quando comparada a área de cultivo de soja com as áreas de cultivo dos cereais de inverno elencados para estas cinco mesorregiões, há uma diferença de aproximadamente 900 mil hectares que não são utilizados para produção dos cereais de inverno (IPARDES, 2016). Nesse sentido, a integração lavoura-pecuária mostra-se como importante alternativa para a otimização destas áreas agricultáveis, sendo a ovinocultura uma das possibilidades para o desenvolvimento de sistemas de produção integrados.

A aplicação do modelo de Kutcher et al. (1988) com os dados produtivos do estado do Paraná, permitiu evidenciar diferentes combinações de culturas agrícolas para produção de grãos e para a produção de alimentos para os animais, ressaltando as épocas mais adequadas para cada uma dessas atividades e demonstrando o potencial do estado para a implantação de sistemas de integração lavoura-pecuária.

CONCLUSÕES

A aplicação dos modelos de otimização permitiu a visualização das possibilidades produtivas e dos efeitos da combinação de insumos para a produção de ovinos integrada às atividades agrícolas no estado do Paraná.

Tanto na aplicação do modelo do modelo de Gameiro et al. (2016) quanto na aplicação do modelo de Kutcher et al. (1988), o resultado otimizado conduz a produção de alimentos para os animais a partir das culturas anuais de inverno, demonstrando a importância dos processos de integração para obter economias de escopo e maximizar o resultado econômico da produção agropecuária.

Na simulação de cenários, fica evidente os motivos pelos quais a sojicultora é a principal atividade agrícola da área de abrangência do estudo, ao mesmo tempo que revela o potencial de utilização destas áreas em processos integrados com a produção animal.

Novos estudos no âmbito da modelagem e programação linear podem auxiliar tanto os produtores quanto os profissionais da assistência técnica na determinação das proporções de combinação de atividades para a condução dos processos de produção e na tomada de decisão, visando obter melhores resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barros, C. S. et al. (2013). Farm-boarding school management: linear programming contributions in the search of self-sufficiency and optimization. Journal of Agricultural Science, 9, 59-73.

BCB (2017). Banco Central do Brasil. Correção de valores. Disponível em: www3.bcb.gov.br/calcidadao. Acesso em 20 mai. 2017.

CONAB (2017). Companhia Nacional de Abastecimento. Preços Agropecuários. Disponível em: http://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb. Acesso em 20 mai. 2017.

Dorfman, R. (1966). Programação Linear ou Programação Matemática (uma Exposição Não Matemática). Revista de Administração de Empresas, 6, 115-155.

Dossa, D. (2004). Programação linear na gestão da propriedade rural: um enfoque alternativo. Teoria e Evidência Econômica, 2, 31-57.

Fontoura Júnior, J. A. S. et al. (2007). Utilização de modelos de simulação em sistemas de produção de bovinos de corte. Veterinária e Zootecnia, 14, 19-30.

Fundação ABC – Pesquisa e Desenvolvimento Agropecuário. Custos de Produção de Forrageiras – Safra 2015/2016. Disponível em: http://fundacaoabc.org/ forragicultura/img/custos.pdf. Acesso em: 15 fev. 2017.

Gameiro, A. H. et al. (2016). Linear Programming in the economic estimate of livestock-crop integration: application to a Brazilian dairy farm. Revista Brasileira de Zootecnia, 45, 181-189.

Gerichhausen, M. et al. (2009). A quantitative framework to analyse cooperation between rural households. Agricultural Systems, 101, 173-185.

Guimarães, V. P. et al. (2010). Modelagem de lotes de produção na eficiência e planejamento de sistemas de ovinos de corte. Revista Científica de Produção Animal, 12, 232-235.

Helmers, G. A. et al. (2001). Separating the impacts of crop diversification and rotations on risk. Agronomy Journal, 93, 1337-1340.

IBGE (2017) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. INPC. Disponível em http://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/precos-e-custos/9258-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor.html. Acesso em: 27 set. 2017.

IPARDES (2016). Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Base de dados do Estado – BDEWeb – Agropecuária – Produção Agrícola. Curitiba, 2016. Disponível em:< http://www.ipardes.pr.gov.br/imp/index. php>. Acesso em: 26 setembro 2016.

Krupová, Z. et al. (2014). Impact of variation in production traits, inputs costs and product prices on profitability in multi-purpose sheep. Spanish Journal of Agricultural Research, 12, 902-9012.

Kutcher, G. P. et al. (1998). *Modeling for agricultural policy and project analysis*, The World Bank: Washington.

NRC (1895). National Research Council. *Nutrient Requeriments of Sheep.* 6.ed. Washington DC, USA: NAP.

Oliveira, J. E. G. et al. (2010). Optimized feed planning for a grazing horse production systems. Revista Brasileira de Zootecnia, 39, 932-940.

Reijers, T. S. S. S. (2016). *Desenvolvimento de um modelo computacional híbrido – baseado em agentes e em simulação de eventos discretos para a avaliação e planejamento da produção animal: uma aplicação na ovinocultura de corte.* Tese, USP, Pirassununga, São Paulo, Brasil.

SEAB (2015). Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná. Pesquisa: preços pagos pelos produtores. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=195. Acesso em: 27 mai. 2017.

Sulc, R. M.: Franzluebbers, A. J. (2014) Exploring integrated crop–livestock systems in different ecoregions of the United States. European Journal of Agronomy, 57, 21-30.

Capítulo 14

Comparação da presença de *Cryptococcus ssp.* em área verde urbana antes e após processo de revitalização

Recebido em: 15/06/2022
Aceito em: 16/06/2022
10.46420/9786581460419cap14

Aline Christine da Silva Carvalho[1*]
Stephanie Luana Urata[2]
Thiago Andrade Marques[3]
Kátia Valéria Marques Cardoso Prates[4]

INTRODUÇÃO

As transformações no meio físico geradas pelo adensamento populacional no meio urbano trazem diversos transtornos de cunho ambiental que impactam diretamente na qualidade de vida das pessoas. Existe, portanto, a necessidade de se ter um refúgio da correria urbana, em espaços com predomínio de vegetação, tais como jardins, praças, parques e bosques que proporcionem qualidade de vida a seus usuários (Helenas, 2014).

No centro de Londrina, este refúgio natural é oferecido principalmente pelo Bosque Municipal Marechal Cândido Rondon, sendo este marcado por diversas mudanças ao longo do tempo, servindo à população e aos visitantes como ponto de turismo e lazer. Entretanto, há anos que o local era acometido pela superpopulação de pombos, que causava problemas em função da grande quantidade fezes, além de dificultar a limpeza do local, apresentava forte odor, podendo estar diretamente relacionados a diversas doenças epidemiológicas (Sociedade Brasileira De Infectologia, 2018; Francisco et al., 2021).

Os pombos urbanos, caracterizados como reservatórios que abrigam diversos microrganismos patogênicos, estão relacionados com enfermidades que fazem com que essa ave seja amplamente discutida na saúde ambiental, sendo ela um fator de risco biológico para a saúde humana. Dentre esses microrganismos se encontra um fungo causador da criptococose, doença que atinge os pulmões, e se atingir o sistema nervoso central, a doença pode agravar levando pacientes a óbito, principalmente os imunocomprometidos (Sociedade Brasileira De Infectologia, 2018; Francisco et al., 2021).

[1] Mestranda em Geografia PPGG-MP – Universidade Estadual de Júlio Mesquita - UNESP – Campus Presidente Prudente.
[2] Graduanda em Engenharia Ambiental - Universidade Tecnológica Federal do Paraná -UTFPR – Campus Londrina.
[3] Mestre em Biotecnologia- DBBTEC- UEL- Universidade Estadual de Londrina.
[4] Prof. Dr. Departamento Acadêmico de Engenharia Ambiental e do Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental – PPGEA - Universidade Tecnológica Federal do Paraná -UTFPR – Campus Londrina.
[*] Autora correspondente: alinecarvalho@alunos.utfpr.edu.br

Globalmente, criptococose é causada pelas espécies patogênicas *Cryptococcus neoformans* e *Cryptococcus gatti,* sendo que a teoria amplamente aceita é que a infecção se adquire do meio ambiente por inalação, devido falta de evidência de transmissão pessoa-pessoa (Ministério Da Saúde, 2010; Sociedade Brasileira De Infectologia, 2018; Francisco et al., 2021).

Recentemente, em 2021, o bosque foi completamente revitalizado pela Prefeitura Municipal de Londrina, a fim de proporcionar mais conforto e segurança à população e tornar o ambiente mais agradável e familiar (Albuquerque, 2022). A revitalização buscava também melhorar a situação problemática com os pombos, no entanto os resultados neste âmbito são difíceis de serem obtidos, uma vez que as aves elegeram o lugar como seu abrigo e local dos ninhos.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a presença e concentração de fungos no Bosque Municipal Marechal Cândido Rondon, especialmente os do gênero *Cryptococcus ssp,* antes a após o processo de revitalização da área verde e área de lazer.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O Bosque Marechal Candido Rondon está localizado na latitude 23º18'45"S e longitude 51o9'36"L, no município de Londrina, norte do Paraná. O terreno apresenta uma área de 20.000 m^2 e foi doado pela Companhia De Terras Melhoramentos Norte do Paraná, em 1930. Na área existem alguns indivíduos arbóreos remanescentes da cobertura original e no decorrer dos anos tiveram a introdução e manejo de diversas espécies arbóreas (Frozoni, 2012; Almeida & Adum, 2007).

(a) (b)

Figura 1. Vista aérea da área do Bosque Marechal Candido Rondon, antes da revitalização (a) e após revitalização (b). Fonte: (a) Vieira, W. (2016); (b) Gaion, R. (2022).

Em fevereiro de 2021, a área do bosque iniciou o processo de revitalização. Esse projeto nasceu de consulta popular. Os serviços de revitalização, como observa-se na Figura 1, incluíram novos trajetos

de passeio e caminhada, palcos para apresentações, modernização do sistema de iluminação, instalação de academia ao ar livre, circuito pet e arquibancada, e adequação do parquinho infantil e da quadra esportiva (Albuquerque, 2022).

Campanhas de Amostragem de Fungos

As campanhas de amostragem de fungos foram realizadas em março de 2020 (antes da revitalização) e em março de 2022 (após a revitalização) no período da manhã (entre 8h00 e 9h30) e da tarde (entre 16h00 e 17h30) em cinco pontos distribuídos no Bosque Marechal Candido Rondon. O critério adotado para escolha dos pontos de coleta foi a presença de pontos de ônibus, paquímetros, bancos ou arquibancadas de descanso, onde o fluxo de pessoas é recorrente (Figura 2).

Para a coleta e isolamento do material microbiológico foi utilizado o meio Agar Dextrose *Sabouraud* com Cloranfenicol – Agar DSC da NEOGEN, por oferecer melhores condições para o crescimento de fungos e ainda inibir o crescimento de bactérias, facilitando a identificação de colônias de leveduras.

Considerando que o processo de contaminação pelo *Crytococcus ssp*. ocorre por inalação do ar contaminado, optou-se por realizar as coletas pelo método de sedimentação espontânea, com o objetivo de que somente fossem coletados os bioaerossóis que entram em contato direto com quem transita nesses espaços diariamente. Esta técnica, também conhecida como deposição gravitacional, consiste na utilização de placas de Petri com meio seletivo para o organismo de interesse, abertas no local da amostragem e expostas à sedimentação ou deposição espontânea do ar analisado.

As placas de Petri foram dispostas em triplicata contendo o meio Agar DSC que ficaram abertas por dez minutos de acordo com a Estratégia de Amostragem preconizada pela ANVISA (2000a), na Resolução - RE n º 176, de 24 de outubro de 2000, Seção VI, Norma Técnica 001. Posteriormente, as placas foram transportadas em recipiente fechado ao abrigo de luz. Foram levadas também três placas de controle ao local da coleta, mas permaneceram fechadas a fim de confirmar a não contaminação por externalidades no processo de amostragem e transporte.

a) Ponto B1 em 2020

b) Ponto B1 em 2022

c) Ponto B2 em 2020

d) Ponto B2 em 2022

e) Ponto B3 em 2020

f) Ponto B3 em 2022

g) Ponto B4 em 2020

h) Ponto B4 em 2022

i) Ponto B5 em 2020

j) Ponto B5 em 2022

Figura 2. Pontos de coleta de amostras fúngicas no Bosque Marechal Cândido Rondon. Fonte: os autores.

As amostras coletadas nas campanhas foram levadas imediatamente para o laboratório de Microbiologia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná- Campus Londrina, para incubação na estufa bacteriológica à 30 ± 1 ºC.

Quantificação e Identificação

Após o período de incubação, foi realizada a quantificação das Unidades Formados de Colônias (UFC) totais, sendo convertidas a UFC por metro cúbico de ar por meio da Equação 1, elaborada por Omelyansky (1940) (Haylleyesus et al., 2015; Wikuats, 2020).

$$N = 5a * 10^4(bt)^{-1} \quad (1)$$

Onde: N é a concentração de microrganismos em UFC.m-³; ɑ é o número de colônias em cada placa de Petri; b é a área da placa de Petri em cm²; t é o tempo de exposição em minutos.

Simultaneamente à contagem, foi realizada a caracterização das colônias e identificação presuntiva do gênero *Cryptococcus*, por meio da observação da morfologia macroscópica dos microrganismos. As placas foram analisadas individualmente, em busca de colônias que apresentassem aspecto leveduriforme, de cor branca a creme, brilhante, margem lisa e inteira.

Após a análise morfológica, foi realizado o isolamento das colônias com as características desejadas. A confirmação ocorreu por meio de visualização microscópica da morfologia celular dos fungos, com uso do corante Tinta da Nanquim RenyLab, que permitiu destacar a cápsula deste fungo, segundo ANVISA (2000b).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 é apresentado o resultado da quantificação das UFC totais (fungos filamentos mais leveduriformes) obtidos nas duas campanhas de coleta de dados.

Tabela 1. Concentração de UFC por metro cúbico de ar amostrado de cada ponto nos anos de 2020 e 2022, antes e após revitalização do bosque, respectivamente. Fonte: os autores.

Ponto	1ª Campanha				2ª Campanha			
	Manhã		Tarde		Manhã		Tarde	
	M[a]	DP[b]	M	DP	M	DP	M	DP
B1	786	157	891	175	3.956	192	603	402
B2	550	210	707	0	2.856	594	996	454
B3	524	35	1546	332	2.384	1.589	655	140
B4	524	175	996	227	5.004	279	2.017	227
B5	917	227	576	349	3.249	140	1.153	245

[a]M=Média de UFC/m³; [b]DP=Desvio Padrão de UFC/m³; B1, B2, B3, B4 e B5 - pontos 1, 2, 3, 4 e 5 de amostragem no bosque.

Os valores médios da concentração de UFC/m^3 de ar apresentaram grande variação entre as campanhas, indicando influência do processo de revitalização com a criação de novas trajetos de passeio e caminhada.

Na primeira campanha encontrou-se uma concentração média de fungos no ar de 660 UFC/m³ nas amostras coletadas no período da manhã e 943 UFC/m³ nas amostras da tarde. Na segunda campanha, 3.490 UFC/m³ e 1.085 UFC/m³ no período da manhã e tarde, respectivamente. Este aumento pode ser justificado pela abertura de espaços para circulação de ar que permitem maior movimentação dos esporos liberados pelos fungos.

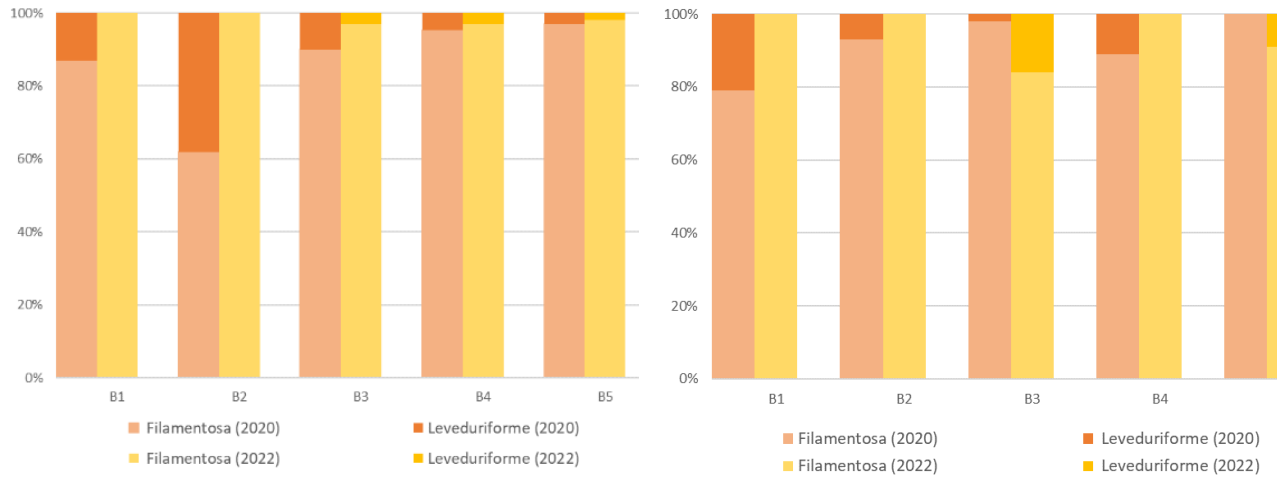
Castro e Silva (2019) em um monitoramento atmosférico em São Paulo, encontrou valores médios de concentração de UFC/m³ consideravelmente menores que obtidos neste estudo. Tendo em conta o mesmo período de amostragem (março), média para o verão encontrava-se em 83,4 UFC.m-³ (Castro e Silva, 2019).

Ressalta-se que a qualidade do ar em cada um dos locais de estudo influencia diretamente na concentração de fungos presentes no ar sendo que as altas concentrações de poluentes atmosféricos presentes na capital paulista desfavorece a reprodução dos microrganismos no ar (CETESB, 2019; Natali, 2008).

Com relação a variação na temperatura ambiente nos dias de coleta de dados, este não deve ter influenciado nos resultados referentes à concentração de UFC/m^3 , pois os valores foram próximos nas duas campanhas. Em 2020, a temperatura variou de 23 a 34°C e de 23 a 30°C em 2022. Antes da revitalização, a maior concentração ocorreu no período da tarde no ponto B3 (1.546 UFC/m³), próximo a um parquímetro. Após a revitalização, a maior concentração foi no ponto B4 (5.004 UFC/m³) pela manhã, local próximo a um ponto de ônibus, ponto de táxi e colégio particular.

Para analisar a relação entre fungos filamentosos e leveduriformes quantificados nos períodos da manhã e tarde nas duas campanhas, foram organizados gráficos percentuais por ponto de coleta (Figura 3).

Na campanha de março de 2020, foi verificada a presença de fungos leveduriformes em todos os pontos, com exceção do ponto B5 no período da tarde. A maior porcentagem foi obtida no ponto B2, correspondendo a 38%. Já em março de 2022, a presença de fungos leveduriformes foi menor, sendo detectado nos pontos B3, B4 e B5 no período da manhã, com porcentagens não ultrapassando 3%.



(a) (b)

Figura 3. Porcentagem das UFC quantificadas por aspecto leveduriforme e filamentosa em março de 2020 e março de 2022, respectivamente, no período da manhã (a) e período da tarde (b). Fonte: os autores. Legenda: B1, B2, B3, B4 e B5 – pontos 1, 2, 3, 4 e 5 de amostragem no bosque.

Somente nos pontos B3 e B5 apresentaram fungos com a mesma característica no período da tarde, correspondendo a 16% e 9% respectivamente das UFC totais.

Em relação à porcentagem de leveduras nas duas campanhas, a incidência diminuiu após a revitalização do Bosque, com exceção dos pontos B3 e B5 no período da tarde. No entanto, esta porcentagem está mais relacionada ao baixo número de UFC filamentosas coletadas, do que a presença de fezes de pombos, visto que o ponto B5 tem maior aspecto de limpeza e menor cobertura vegetal no entorno.

Após a reforma, houve uma diminuição da densidade arbórea com a abertura de novos trajetos de caminhada e passeio, além de um novo sistema de iluminação. Estas mudanças caracterizam técnicas de manejo da população de pombos, como citado em Noronha (2013), pois geram desconforto ambiental para a ave, podendo justificar a ausência de leveduriformes em alguns pontos.

As colônias com aspecto de leveduriformes foram isoladas para análise microscópica por suspensão em Tinta Nanquim, avaliando os parâmetros de formato das células tipo cocos (circular), presença de cápsula mucopolissacarídeo e presença de brotamentos, sendo que as amostras que apresentaram todos estes atributos foram consideradas positivas para o gênero *Cryptococcus*.

Por conta da pandemia de COVID-19, a confirmação microscópica da campanha de março de 2020 não foi realizada. Porém, outro trabalho realizado no bosque, em agosto e setembro de 2020, confirmou a presença de *Cryptococcus spp* em 71% das amostras selecionadas (Carvalho, 2020). Em 2022, 40% das amostras selecionadas foram positivas para *Cryptococcus spp,* evidenciando que a revitalização do bosque influenciou na diminuição do gênero *Cryptococcus*.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados apresentados, conclui-se que a revitalização do Bosque Marechal Candido Rondon proporcionou resultados positivos na redução da presença de fungos *Cryptococcus ssp*. Embora os pombos ainda estejam presentes nas redondezas do centro de Londrina, as mudanças tornaram o bosque menos atrativo e agradável para as aves e acredita-se que, no decorrer do tempo, haja uma redução na população deles, e consequentemente, uma diminuição de fezes, odores e principalmente o risco a saúde ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albuquerque, D. (2022, January 8). Prefeitura entrega novo Bosque Central totalmente revitalizado para a comunidade. Blog. Londrina. https://blog.londrina.pr.gov.br/?p=117756 .

Almeida, A. M. C. d., & Adum, S. M. S. L. (2007). Memória e cotidiano do bosque (1st ed.). Eduel. 72 p.

ANVISA. (2000, October 24). Resolução - RE n º 176: Orientação Técnica elaborada por Grupo Técnico Assessor sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. http://www.pncq.org.br/uploads/2015/qualinews/RE%20176%202000.pdf

ANVISA. (2000) Manual de Procedimentos Básicos em MICROBIOLOGIA CLÍNICA para o Controle de Infecção Hospitalar. Brasília: Ministério da Saúde. 56 p.

Carvalho, A. C. da S. (2020). Avaliação da presença de *Cryptococcus ssp*. no Bosque Marechal Cândido Rondon e na Praça Marechal Floriano Peixoto no centro de Londrina-PR. Monografia. Londrina: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 63 p.

Castro e Silva, D. de M. (2019). Monitoramento de espécies fúngicas no ar atmosférico da região metropolitana de São Paulo. Tese (Doutorado em Faculdade de Saúde Pública) - São Paulo: Universidade de São Paulo, 120 p. https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6141/tde-27052019- 154808/publico/DulcilenaDeMatosCastroSilva_REVISADA_DR1488.pdf.

CETESB. (2019). Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, Série Relatórios/ Secretaria de Estado do Meio Ambiente. https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2020/07/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-do-Ar-2019.pdf.

Francisco, E.C., de Jong, A.W. & Hagen, F. (2021). Cryptococcosis and Cryptococcus Mycopathologia 186, 729–731. https://doi.org/10.1007/s11046-021-00577-7

Frozoni, F. (2012). Bosque Marechal Cândido Rondon (Londrina – PR): patrimônio e identidade. Revista Trilhas da História, v. 2, n. 3, p. 115–128.

Gaion, R. (2022). Foto aérea do Bosque Marechal Candido Rondon Após a Revitalização. Fotografia. Londrina. https://blog.londrina.pr.gov.br/?p=117756.

Hayleeyesus, S. F., Ejeso, A. & Derseh, F. A. (2015). Quantitative assessment of bioaerosols contamination in indoor air of university dormitory rooms. International Journal of Health Sciences, v. 9, n. 3, p. 247–254.

Helenas, J. K. (2014). Valoração Econômica Do Bosque Marechal Cândido Rondon – Londrina/Pr – Para Fins De Tráfego Veicular. Monografia. Londrina: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 57 p.

Ministério Da Saúde. (2010). Pombos: conheça os riscos que eles trazem para a saúde. https://bvsms.saude.gov.br/bvs/dicas/238_pombos.html.

Natali, L. (2008). Utilização dos produtos obtidos por sensoriamento remoto na caracterização da qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo. Dissertação . São Paulo: Universidade de São Paulo. 122 p. https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14133/tde-07122008-151154/publico/Dissertacao_Luciene_Natali_2008.pdf.

Noronha, M. L. M. (2013). Pombos urbanos: biologia, problemas, manejo e controle. https://docplayer.com.br/2920772-Pombos-urbanos-biologia-problemas-manejo-e-controle-por-maria-luisa-marinho-de-noronha-marilu-de-noronha.html.

Sociedade Brasileira De Infectologia. (2018). Parecer Técnico Sobre Doenças Fúngicas Transmitidas Por Aves. São Paulo: Associação Médica Brasileira. https://ameci.org.br/wp-content/uploads/2018/07/doencas-fungicas-aves.pdf.

Vieira, W. (2016). Foto aérea da Catedral Metropolitana de Londrina e entorno. Fotografia. Londrina. https://kikaboneca.files.wordpress.com/2016/06/foto-aerea-bosque.jpg.

Wikuats, C. F. H. (2020). Estudo da exposição de trabalhadores ao material particulado e bioaerossóis em cooperativa de processamento de materiais recicláveis. Dissertação. Londrina: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 135 p.

Capítulo 15

Dificuldades e estratégias na comercialização de produtos da feira livre da Quatorze de Março em Capanema, Pará

Recebido em: 15/06/2022
Aceito em: 17/06/2022
10.46420/9786581460419cap15

Raylan Costa de Oliveira[1*]
Elaine de Oliveira Neto[1]
Wélida do Rosário Guimarães[1]
Maria Luana Araújo do Nascimento[1]
Diocléa Almeida Seabra Silva[1]

INTRODUÇÃO

Segundo Vieira (2004), as feiras livres são práticas comerciais muito antigas, é o que gera a comercialização e fornecimento de alimentos para a mesa de uma considerável parte da população brasileira. Apesar de ser um modelo comercial defasado, realiza o desenvolvimento econômico e social, promovendo a economia das pequenas cidades dos interiores. Do ponto de vista do feirante e do consumidor as feiras livres desempenham um papel muito importante, que vai além do socioeconômico, pois a mesma tem representatividade no espaço público e cultural, tornando um ambiente dinâmico e diversificado. Godoy e Dos Anjos (2007) afirmam que esse sistema de comercialização vai além da compra e venda de produtos, envolve também a importância ao sistema de produção e seus produtores.

As feiras livres apresentam forte relação com a agricultura familiar, uma vez que essa é a principal responsável por abastecer os estabelecimentos que compõem esses espaços, o que por consequência assume um importante papel social, como a geração de renda, em duas situações distintas: Indiretamente pela necessidade de mão-de-obra no processo de produção e diretamente no processo abastecimento e comercialização desses produtos nas feiras (Michellon et al., 2007).

Segundo Costa et al. (2012), as feiras livres se constituem como um importante canal de distribuição de produtos advindos da agricultura familiar, uma vez que permite a comercialização direta entre os produtores e os consumidores. Isso por sua vez, torna possível um fornecimento de produtos sem exigir regularidade de oferta e padronização de produtos, como acontece em outras instituições comerciais (varejo tradicional). Essa distribuição valoriza relação consumidor-feirante, caracterizada por se basear na afetividade.

[1] Universidade Federal Rural da Amazônia, Capanema, CEP: 68700-665, Pará, Brasil.
[*] Autor correspondente: raylancostoli197@gmail.com

Segundo Godoy (2011), o consumidor procura tomar posse se pertencer a um lugar através das comunidades onde reportam suas condições de vida de lado a lado com as relações sociais tomando como base a reciprocidade e cooperação.

A intensificação do processo de urbanização tem favorecido cada vez mais mercados varejistas formais (ex.: supermercados e shopping) e paralelamente a esse tipo de mercado encontra-se o mercado varejista informal (feira). Como forma de manter-se na concorrência as feiras apostam em estratégias de comercialização que buscam atrair um público-consumidor característico (Assumpção et al., 2014; Coelho; Pinheiro, 2009).

Os feirantes têm estabelecidos estratégias de marketing de modo informal para obter vantagens na competitividade entre seus concorrentes. Tais métodos não possui um padrão estabelecido, devido à falta de conhecimento e assistência técnica por profissionais específicos (Souza et al., 2015).

Uma das principais dificuldades enfrentadas pelos feirantes está na falta de infraestrutura, esses buscam de alguma forma melhorias em seus estabelecimentos. O que demonstra insatisfação dos feirantes ao Poder público, pois cabe a esses fazer a manutenção das mesmas e proporcionar local apropriado para os feirantes (Corá et al., 2011).

Dificuldades no transporte dos produtos para a feira, fraco movimento no final do mês e ocorrência de pragas no processo de produção são para os vendedores que produzem seus produtos comercializados um dos fatores que mais limitam essa atividade (Dias et al., 2018). Ao mesmo tempo os autores mostram que a comercialização dos produtos em feira tem se tornado uma estratégia, uma vez que esse espaço possibilitou um aumento nas vendas, entre os entrevistados.

Como mostrado por De Jesus Tello et al. (2015), um dos principais produtos comercializados em feiras, as hortaliças, são produzidas em outras localidades e transportadas até esses espaços comerciais. Essa dinâmica, por sua vez, torna-se um dos principais entraves no processo comercial desses produtos. Dessa forma, os mesmos autores recomendam a realização de estudos que visam caracterizar a comercialização e os comerciantes desses espaços, afim de que se possa com isso melhorar a eficiência dessa relação comercial.

A feira da Quatorze de Março e por sua vez uma das mais tradicionais e importantes feiras do município de Capanema, entre os produtos comercializados podemos encontrar com maior expressividade os alimentícios, como: hortaliças em geral, frutas e carnes de origem bovinas, suínas e de aves. O seu funcionamento acontece todos os dias da semana nos três turnos e visa atender o consumidor que demanda produtos de menores preços.

Nesse contexto, este trabalho tem por objetivo identificar as dificuldades e estratégias de comercialização dos produtos pelos feirantes da feira livre da Quatorze de Março no município de Capanema, Nordeste Paraense.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa em questão foi realizada no município de Capanema, situado na microrregião dos caetés, nordeste do estado do Pará. Contou com a participação de 11 feirantes oriundos da agricultura familiar, atuantes em uma das principais feiras do município (Feira da Quatorze).

A pesquisa baseou-se na coleta de dados por meio da aplicação de um questionário semiestruturados contendo 35 perguntas fechadas. Sendo aplicadas nos dias compreendidos entre 9 e 10 de fevereiro de 2019. As perguntas foram elaboradas de forma a englobar os principais desafios e estratégias presentes no fluxo comercial dos produtos comercializados na feira da quatorze.

A partir disso, foram analisados os seguintes fatores: presença ou ausência de organizações de comerciantes (cooperativa, associações, grupos informais e outros), participação dos comerciantes em grupos ou organizações, tipo de cultivo (orgânico e convencional) e marketing, relacionando-os com estratégias na comercialização dos produtos, além das principais dificuldades enfrentadas por essas pessoas, no processo de comercialização dos seus produtos como: infraestrutura, transporte, auxílio do poder público, preços e etc.

Os dados coletados foram sistematizados através de uma análise percentual relacionada a cada item apresentado, com auxílio do programa Excel versão 2013, para então serem elaborados os gráficos e as tabelas, bem como os valores da frequência relativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A feira da Quatorze é uma das principais fontes de aquisição de produtos advindo da horticultura e fruticultura por parte dos consumidores menos favorecidos economicamente, no município de Capanema-PA. Esses produtos são, em sua maioria, produzidos no próprio município ou nas regiões pertencentes a este, onde 55% dos entrevistados alegaram produzir, total ou parcial, os produtos comercializados em seus estabelecimentos. Aos feirantes que adquirem os produtos de terceiros foi questionado sobre a origem de tais mercadorias e 47% deles responderam conseguir de produtores da própria cidade, ou de municípios pertencente a ela, os demais dados se comportaram da seguinte forma: 29% adquirem as mercadorias de produtores de outras cidades, 24% da Ceasa e 0% outros

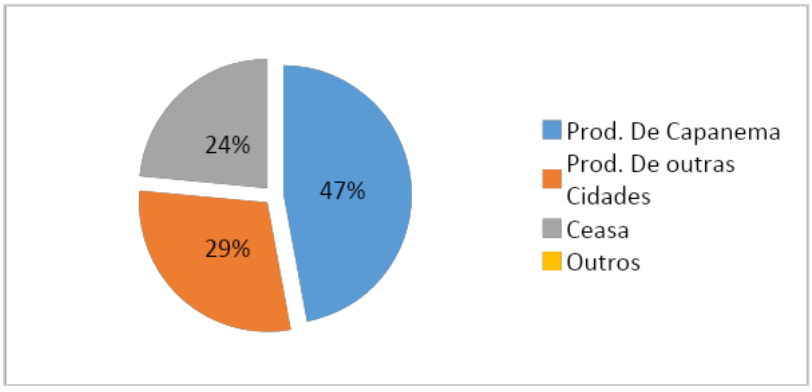


Figura 1. Origem dos produtos comercializados na feira da Quatorze. Fonte: Os autores.

Com o objetivo de saber as estratégias adotadas para potencializar a comercialização, foi perguntado aos feirantes se participavam de algum tipo de organização. No entanto, apenas 18% responderam que sim, afirmando terem conhecimento dessas organizações a partir do convite de outros membros mais antigos. Para Coelho e Pinheiro (2009), a organização dos feirantes se faz necessário para obter maiores sucessos em competições com mercados varejistas, buscando para isso apoio, seja ele público ou não.

Na feira da Quatorze foi observado ausência de qualquer tipo de organização, especifica para os feirantes do local. Quando questionados sobre o interesse em participar de algum tipo de organização 50% deles responderam que sim, desse percentual a grande maioria (89%) afirmaram não estar participando de nenhuma organização pela ausência desse tipo de estratégia comercial e 11% pela burocracia (Figura 2).

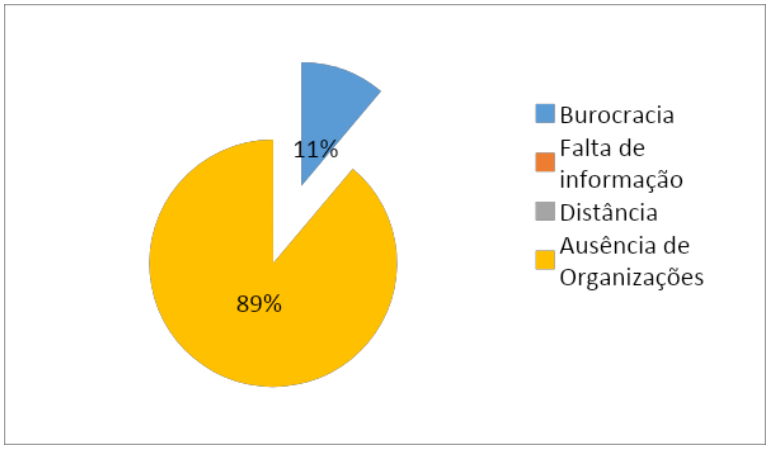


Figura 2. Fatores que motivam a não participação dos feirantes em organizações. Fonte: Autores.

Constatou-se, ainda que 64% dos produtos comercializados na feira não são produzidos de forma orgânica. Este resultado deve-se, em parte, a maior demanda por produtos convencionais, que por sua vez correspondeu a 82% dos produtos comercializados na feira. Outro fator motivador desse resultado é a renda dos consumidores que frequentam a feira, uma vez que os demandantes são, em sua maioria, pessoas com menor poder aquisitivo, tendo em vista que os produtos orgânicos são mais valorizados, por maiores dificuldades na produção quando comparados com os convencionais. Morais et al. (2012), estudando o perfil dos consumidores de produtos orgânicos em Goiânia-GO, afirmaram que a escolaridade e renda são fatores que influenciam no consumo de produtos orgânicos, sendo esta uma relação diretamente proporcional.

Tabela 1. Estratégias comerciais dos feirantes da feira da Quatorze. Fonte: Os Autores.

Variáveis investigadas	Frequência (%)
Técnicas utilizadas para conquistar o consumidor	
Embalagens personalizadas	5,00
Liquidações	40,00
Cortesias	50,00
Exposição de produtos em eventos	0,00
Outros	5,00
Meios de Divulgação	
Carro Som	6,00
TV	13,00
Rádio	0,00
Internet	25,00
Boca à Boca	56,00

Foi perguntado aos feirantes participantes da pesquisa se estes investiam em algum tipo de marketing como estratégia de comercialização, 55% dos entrevistados responderam que sim. Posteriormente, foram questionados sobre quais das principais técnicas que mais utilizavam para conquistar o consumidor: Estes responderam que fazem uso de embalagem personalizada, promoção, cortesia, exposição dos produtos em eventos e outros, onde os dados obtidos estão expostos na Tabela 1. O uso de cortesia é uma prática bastante comum nos espaços da feira em estudo, sendo caracterizado pelo incremento a mais de algum dos produtos disponíveis no estabelecimento, que não faz, obrigatoriamente, parte do acordo comercial entre o feirante e o consumidor. Nesse espaço tais produtos são popularmente chamados de "agrado".

Em relação aos principais meios de comunicação utilizados para prover propaganda dos seus produtos, 6% dos entrevistados respondeu realizar por meio de carro som, 13% TV, 0% através de rádio, 25% pela internet e 56% "Boca a Boca" (Tabela 1). Esses resultados tornam-se coerentes quando comparado com as análises realizadas por Souza et al. (2015), sobre as estruturas de comercialização: ações de marketing informal por microempreendedores em uma feira-livre, onde afirmaram que esse tipo de comunicação utilizada em ambiente de feira consiste na forma mais comum, sendo caracterizada pela utilização de músicas conhecidas, paparicos e gírias que despertam o interesse das pessoas que frequentam o local.

Dos feirantes 27% afirmaram que a principal dificuldade que enfrentam na comercialização é o preço, pois o mesmo sofre oscilação por fatores de produção. Com 20% cada, a concorrência e a falta de

conhecimento também se constituem dificuldades que os feirantes enfrentam, quando somadas essas dificuldades ficam 40%, o que se torna um valor bem relevante para as dificuldades enfrentadas na comercialização. Transporte e qualidade com 13% apresentam-se em terceiro lugar para as dificuldades e juntas totalizam 26%, tornando esse valor representativo que afeta na venda dos produtos.

Tabela 2. Dificuldades enfrentadas pelos feirantes da Quatorze. Fonte: Os Autores.

Variáveis investigadas	**Frequência (%)**
Principais dificuldades enfrentadas	
Preço	27,00
Rejeição do consumo	0,00
Qualidade	13,00
Transporte	13,00
Concorrência	20,00
Produção	0,00
Infraestrutura	7,00
Problemas de infraestrutura	
Higiene	13,00
Espaço insuficiente	40,00
Pouca atratividade	34,00
Falta de energia	0,00
Ausência de água	13,00

Um fator de grande influência na aquisição de um produto no momento da compra é o preço. Nas feiras a formação do preço de um produto leva em consideração não só os custos de produção, o cliente e a concorrência são componentes que influenciam fortemente no estabelecimento dos preços (Silveira et al., 2017). O mesmo autor segue dizendo que para que haja conquista do cliente o feirante deve superar a concorrência, nesses espaços essa conquista está centrada na forma de atendimento, onde é necessário fazer com que o cliente se sinta bem, confortável e superando suas expectativas. Isso permite maior possibilidade de retorno do cliente ao estabelecimento.

Segundo Dantas e Almeida (2013) entre as dificuldades que fazem parte da feira estão o transporte dos produtos para a mesma, retorno financeiro e pouco incentivo. Chiarello, Orlowski e Wackulicz (2007), registraram um amplo espectro de dificuldades quanto à venda nas feiras, que por sua vez variam desde a concorrência dos mercados, limite de produtos que podem ser comerciados até as cobranças sanitárias e infraestrutura das feiras.

Em relação aos problemas relacionados a infraestrutura 40% dos feirantes alegam o fator "espaço insuficiente", sendo este o problema que mais influência na infraestrutura e dificulta a comercialização, pois os mesmos se limitam na diversidade dos produtos. Em seguida os feirantes alegam que seus estabelecimentos são menos atrativos com 34% dos resultados. Não ter espaço adequado é a reclamação de muitos feirantes, pois a mercadoria se torna escassa e com pouca variabilidade. E os clientes reclamam pela falta de espaço que atrapalha o fluxo das pessoas e automóveis causando transtorno, e a demanda de produtos insuficientes (Vasconcelos, 2014).

Um dos maiores entraves enfrentados pelos feirantes da Quatorze é a falta de auxílio e incentivo, por parte do poder público. Isso é percebido quando 91% dos feirantes admitirem não receber nenhum tipo de assistência, sendo que a assistência técnica prestada aos 9% que responderam sim é oriunda do setor privado. Além disso, 64% afirmaram não estar participando (ou nunca ter participado) de nenhum curso ou trocas de experiências e capacitação que promova conhecimentos sobre estratégias de comercialização.

Quando questionados sobre o auxílio de órgãos públicos para contornar os problemas encontrados, 100% dos feirantes afirmaram não recebem auxilio. De acordo com Corá et al. (2011) se faz necessário políticas públicas para efetivar as atividades de trabalho e cabe ao feirante organizar os produtores e consumidores.

Conforme os dados obtidos, 64% dos feirantes encontram-se insatisfeitos com os lucros obtidos, pois alegam ter um retorno econômico abaixo do desejado. Quando interrogados sobre o interesse em melhorar esses resultados econômicos, 100% dos participantes responderam haver interesse.

O transporte dos produtos até a feira da Quatorze de Março se dá por conta própria com 91% dos resultados, pois a maioria dos feirantes já possuem transporte particular, 9% deles contam com transporte de terceiros, tornando um gasto de produção a mais e com isso tendo que ajustar o valor do produto ou diminuir sua margem de lucro.

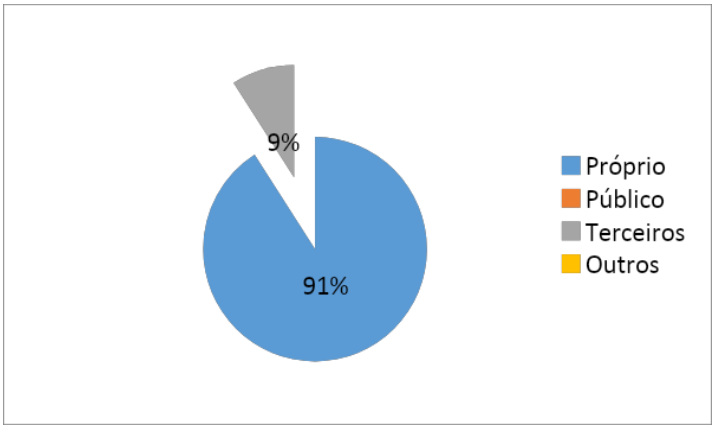


Figura 2. Transporte de produtos dos feirantes da Quatorze. Fonte: Os autores.

Como principal estratégia de comercialização os feirantes, em sua maioria, apostam na divulgação dos seus produtos através do método denominado "Boca a Boca", que consiste no método mais acessível à realidade dos ofertantes.

O fator mais limitante no processo de comercialização nos produtos dos feirantes atuantes na feira da Quatorze é o preço. Espaços insuficiente é o principal problema relacionado a infraestrutura, relatado por eles. Além disso, a ausência de organizações, grupos ou movimentos em favor dessa classe torna-os menos eficientes em suas atividades e com menor poder em buscar soluções para os fatores que mais limitam o sucesso de suas atividades.

É bem visível a falta de interesse pelos feirantes da quatorze de março, por parte do poder público. A precarização dos estabelecimentos e falta de conhecimentos quanto ao processo de comercialização prova tal fato, por tal razão os feirantes estão desenvolvendo suas atividades de forma independente e elaborando suas próprias estratégias de comercialização, fundamentadas em conhecimentos empíricos e com isso tentando contornar suas principais dificuldades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assumpção, W. et al. (2014). Estratégias do comércio popular de feiras livres e mercados municipais como benchmark para o varejo supermercadista. Revista construção e tecnologia, 1(2013), 98-109.

Costa, S. M. A. L., Nascimento, K. S., Rapassi, R. A., Tarsitano, M. A. A., Santana, S. M. (2012, Agosto). Comercialização dos produtos da agricultura familiar e o papel da feira como importante canal de distribuição. *Simpósio sobre Reforma Agrária e Questões Rurais*. Araraquara, SP, BRA.

Chiarello, M., Orlowsk, R. F., & Wackulicz, G. J. (2007). Feiras livres: uma alternativa de geração de renda aos agricultores familiares de Chapecó (SC). (2007). http://www.apec.unesc.net/II%20EEC/sessoes_tematicas/Regional/Artigo15.pdf.

Coêlho, J. D., & Pinheiro, J. C. V. (2009). Grau de organização entre os feirantes e problemas por eles enfrentados nas feiras livres de cascavel e de ocara, no Ceará. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 1(2009).

Corá, M. B., Begnini, L., & Rech, R. (2011). Análise sócio-econômica da associação de feirantes do município de realeza-PR. *Synergismus scyentifica*, 6, 1-9.

Dantas, V. R. C., & Almeida, M. F. D. (2013). Análise sócio-econômica da associação de feirantes do município de realeza-PR. Fortalecimento das estratégias de comercialização na feira agroecológica de solânea - PB. http://www.prac.ufpb.br/enex/trabalhos/8CCHSADCSAPROBEX2012215.pdf.

De Jesus Tello, J. P. et al. (2015). Aspectos socioeconômicos e de comercialização dos vendedores de hortaliças do lado brasileiro da tríplice fronteira (Brasil-Peru-Colômbia). Cultura Agronômica: Revista de Ciências Agronômicas, 24(3), 275-288.

Dias, E. C., Santos, W. B., & Almeida, G. Q. M. (2018). Comercialização de Produtos Agroecológicos na Feira Livre de Dianópolis - TO. Econômicas em Diálogo com a Agroecologia. cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/download/164/1598/

Godoy, W. I. (2011). A esfera da troca na economia solidária: comércio e consumo solidário na cidade. XII Simpósio Nacional de Geografia Urbana. Belo Horizonte.

Godoy, W. I., & Dos Anjos, F. S. (2007). A importância das feiras livres ecológicas: um espaço de trocas e saberes da economia local. II Congresso Brasileiro de Agroecologia, 2(1).

Michellon, E. et al. (2007). Feira do produtor e os Entraves à Sua Organização e à Comercialização: o Caso de Paiçandu. XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER). UEL

Morais, F. F. de et al. (2012). Perfil dos consumidores de produtos orgânicos da feira agroecológica do mercado municipal de Goiânia-GO. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável.

Silveira, V. C. et al. (2017). Avaliação da importância das feiras livres e a forma de comerciali-zação adotada pelos feirantes na cidade de Nova Andradina–MS. Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN), 1(1).

Souza, G. H. S. de et al. (2015). Estruturas de comercialização: ações de marketing informal por microempreendedores em uma feira-livre. *Congresso Nacional de excelência em gestão,* Rio de Janeiro, RJ, BRA, 11.

Vasconcelos, J. (2014). Feira da Banana já não possui espaço para armazenar produtos. Manaus - AM, 2014. Disponível em: https://www.acritica.com/channels/manaus/news/feira-da-banana-ja-nao-possui-espaco-para-armazenar-produtos.

Vieira, R. (2004). *Dinâmicas da feira livre do município de Taperoá*. Monografia, UFPB, João Pessoa, Brasil.

Capítulo 16

Análise dos impactos ambientais causados pela urbanização no Igarapé Sajope no município de Igarapé-Açu – Pará

Recebido em: 14/06/2022
Aceito em: 17/06/2022
10.46420/9786581460419cap16

Eliton Janio Araújo Ferreira[1*]

INTRODUÇÃO

A humanidade ao longo de sua evolução tem se utilizado em larga escala dos recursos naturais, sendo que no começo esses recursos eram utilizados apenas para subsistência, passando posteriormente a serem explorados economicamente (Cecconello, 2009). Essas pressões exercidas pelo homem no meio contrastam com o cuidado e interferência mínimas que se mantinham com os ecossistemas em tempos atrás (Cruz et al., 2014).

Para Pereira e Curi (2012) os problemas ambientais se agravam, principalmente pela consolidação do sistema capitalista, que tem como primícias o acumulo de capital e o incentivo ao consumismo. Ainda segundo o autor, "a problemática ambiental ganha ênfase, se agravando a partir da década de 1980 com o surgimento do processo de Globalização, que tinha como objetivo homogeneizar as civilizações do mundo, colocando como base os moldes da população norte-americana" (Pereira; Curi, 2012).

A urbanização ao longo dos anos vem modificando a paisagem do meio ambiente, gerando, em muitas cidades, impactos sociais e ambientais que degradam os recursos naturais e prejudicam a vida dos seres humanos. Para Mucelin e Bellini (2008) a criação de cidades e a ampliação de áreas urbanas tem contribuído para impactos ambientais negativos. Ainda segundo os autores os "costumes e hábitos no uso da água e a produção de resíduos pelo exacerbado consumo de bens materiais são responsáveis por parte das alterações e impactos ambientais".

Neste sentido, analisar os impactos ambientais gerados pela atividade antrópica no meio ambiente, torna-se como uma ação fundamental para planejar e mitigar estes impactos, buscando soluções de ordenamento das cidades, controle e outras medidas que possam contribuir com a conservação dos recursos naturais, bens comuns de toda população.

[1] Mestre em Gestão de Recursos Naturais pelo PPGEDAM/NUMA/UFPA. Especialista em Educação Ambiental com ênfase em espaços educadores sustentáveis pelo ICED/UFPA. Tecnólogo em Gestão Ambiental pela UNOPAR e Pedagogo pela UEPA.
[*] Autor correspondente: elitonaraujo@gmail.com

Em relação aos recursos hídricos localizados em áreas urbanas, é possível perceber que os impactos são ocasionados pelas ocupações irregulares em áreas de preservação permanente, o que gera desmatamento, poluição dentre outros problemas ambientais e, sobretudo sociais.

No caso da cidade de Igarapé-Açu, localizada na região nordeste do Estado do Pará, a 120 quilômetros de Belém, capital do Estado, o processo de urbanização se deu com maior intensidade a partir da década de 1990, onde iniciou o processo de expansão do Município com a demarcação de lotes ao redor do núcleo urbano.

O crescimento urbano sem o devido planejamento trouxe consigo a falta de organização do espaço urbano de forma adequada por parte do poder público municipal. Desta forma, as margens dos igarapés que cortam a cidade foram ocupadas o que ocasionou impactos, como: impermeabilização do solo através de massa asfáltica na pavimentação das ruas, redução de vegetação natural, fundamentais para a conservação de recursos hídricos, alteração das características naturais de drenagem dentre outros problemas.

Neste sentido, como forma de identificar e analisar esses impactos causados pela urbanização, optou-se por proceder a analisar dos impactos ambientais no igarapé Sajope, o qual é considerado como um dos corpos hídricos mais urbanizados da sede do Município de Igarapé-Açu.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, inicialmente realizou-se uma pesquisa bibliográfica, de cunho teórico-conceitual, com objetivo de embasar o estudo, e aprofundar o tema, adotando como eixos de pesquisa: impactos da urbanização em áreas de preservação ambiental, importância da preservação dos recursos hídricos e as possíveis soluções para a preservação destes e os marcos legais para a gestão. Desta forma, foram consultados sites, livros, artigos em periódicos e outros materiais disponíveis na internet.

O segundo passo foi a realização de uma pesquisa documental sobre o lócus de pesquisa, através de relatórios e diagnósticos existentes, artigos de jornais, mapas e imagens aéreas, obtidos em acervos de órgãos governamentais, bem como a legislação pertinente ao tema existente em âmbito federal, estadual e municipal.

Diante de todo material levantado e analisado na pesquisa bibliográfica e documental, partiu-se para o levantamento de informações em campo, diretamente na área escolhida para análise. As atividades de campo aconteceram no mês de março de 2020. Nesta etapa foi realizado o registro fotográfico dos pontos mais relevantes que refletem os principais impactos ambientais existentes no leito do igarapé[2] objetivando coletar os elementos para análise.

Por fim, utilizando os materiais coletados na pesquisa bibliográfica e documental, bem como o material coletado na pesquisa de campo, procedeu-se a análise e interpretação dos dados.

[2] "Pequeno rio ou canal estreito que só dá passagem a igaras ou pequenos barcos; riacho, ribeirão, ribeiro" (Michaelis, 2020).

Caracterização da área de estudo

O município de Igarapé-Açu está inserido na mesorregião[3] do nordeste do Estado do Pará, compondo a microrregião bragantina, estando a aproximadamente a 110 quilômetros de Belém, capital do Estado do Pará. O Município possui uma área de 785,983 km², limitando-se com os Municípios de: Castanhal, Maracanã, Marapanim, Nova Timboteua, São Francisco do Pará e Santa Maria do Pará. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população do Município de acordo com a coleta do último censo demográfico era de 35.887 habitantes, sendo a estimativa para o ano de 2021 de 39.234 habitantes (IBGE, 2021).

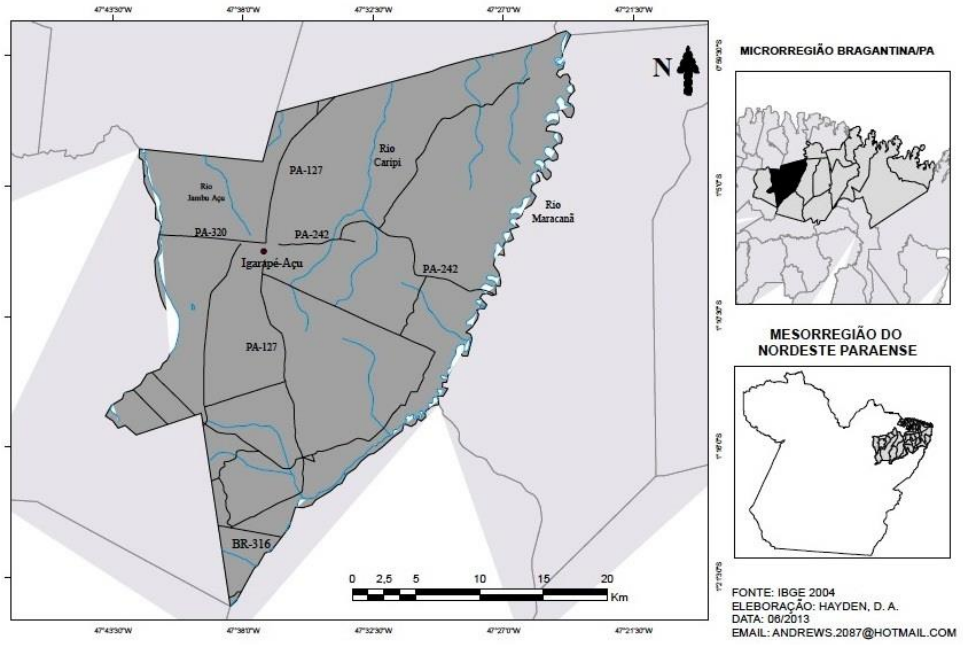


Imagem 01. Localização do Município de Igarapé-Açu na Mesorregião do Nordeste Paraense. Fonte: Hayden & França (2013)

A principal atividade econômica do município do Município é a agricultura, caracterizada por Miranda (2009 *apud* Hayden; França, 2013), como de "base familiar, constituída predominantemente por pequenas propriedades com cultivos de ciclo curto, tais como arroz, feijão e mandioca". Essa vocação foi assumida desde sua implantação enquanto núcleo colonial, visto que a região em que o Município está localizado é considerada como a área de colonização mais antiga da região amazônica.

[3] "a mesorregião é subdividida em microrregiões, estipuladas de acordo com a Constituição Brasileira, um agrupamento de municípios limítrofes, com a finalidade de integrar o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum, definidas por lei complementar estadual. O Pará é dividido oficialmente em vinte e duas microrregiões: Almeirim; Altamira; Arari; Belém; Bragantina; Cametá; Castanhal; Conceição do Araguaia; Furos de Breves; Guamá; Itaituba; Marabá; Óbidos; Paragominas; Parauapebas; Portel; Redenção; Salgado; Santarém; São Félix do Xingu; Tomé-Açu, e; Tucuruí" (GOVERNO DO PARÁ, 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Resolução nº 01/1986 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) define como impacto ambiental

> [...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986)

Em nível estadual, a Resolução nº 162/2021 do Conselho Estadual de Meio Ambiente do Estado do Pará (COEMA), se apropria do texto presente no Art. 1º, da Resolução do CONAMA, ressaltando apenas que as alterações dentro dos "limites do Município" são consideradas como impacto local (COEMA, 2021). Desta forma, pelo fato do igarapé Sajope nascer e desembocar no território do Município de Igarapé-Açu, os impactos detectados no corpo hídrico são considerados locais, sendo responsabilidade da Secretaria Municipal de Meio Ambiente do Município, fiscalizar os impactos existentes no igarapé.

Sobre a conceituação de impacto ambiental, Coelho (2004) analisa este como "processo de mudanças sociais e ecológicas causado por perturbações (uma nova ocupação e/ou construção de um objeto novo: uma usina, uma estrada ou uma indústria) no ambiente". Nas observações realizadas ao longo do leito do igarapé em análise neste trabalho é possível identificar as transformações ocasionadas pelo avanço da urbanização da cidade em relação ao corpo hídrico. Foram detectados diversos impactos ambientais, os quais dividiu-se em categorias, a saber: ocupação irregular e área de preservação permanente; resíduos sólidos e esgotamento sanitário e obras de infraestrutura pública.

Ainda sobre os impactos causados pela urbanização Holz (2012), ressalta que "No mundo todo os ambientes urbanos têm concentrado cada vez mais população, acarretando um crescimento descontrolado das cidades, que vem causando sérios problemas de ordem social, econômica, política e ambiental. Desta forma, buscou-se sintetizar os impactos detectados no igarapé Sajope que corta uma parte da zona urbana do Município de Igarapé-Açu, Pará.

De acordo com Filho (2013) diagnosticar as causas e consequências dos problemas ambientais fundamentais para a instrumentalização de políticas e mecanismos que contribuam para a melhoria das condições ambientais.

Ocupação Irregular em Área de Preservação Permanente (APP)

Dentre os impactos ambientais identificados nos pontos visitados, destaca-se a ocupação irregular nas margens do corpo hídrico que comprometem a qualidade e quantidade de água. A maior parte do igarapé encontra-se localizada nos bairros Piçarreira e Colina, sendo este último um dos mais populosos da sede do Município.

A construção de habitações que tem o igarapé como fundo dos lotes, se tornou um fator preocupante devido à retirada de vegetação natural, considerada de preservação permanente, e muitas vezes o aterramento das margens, interferindo nas características naturais de drenagem, como: infiltração e escoamento superficial.

Para Holz (2012)

> Uma questão preocupante decorrente da urbanização é a ocupação de Áreas de Preservação Permanente, que são protegidas por Lei, pois tem a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, a proteção do solo e a garantia do bem-estar da sociedade.

De acordo o que dispõe a Lei Federal nº 12.651/2012, em seu Art. 4º, considera-se em área rural ou urbana como área de preservação permanente "as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular" (BRASIL, 2012).

Tal legislação, ainda define larguras mínimas para áreas de preservação, sendo que o igarapé Sajope enquadra-se na alínea a, do inciso I, do Artigo supracitado, sendo legalmente garantida a proteção de no mínimo 30 (trinta) metros, pelo fato do corpo hídrico possuir largura menor que 10 (dez) metros. Na visita *in loco* foi possível perceber que em grande parte do igarapé não é respeitado nem ao menos 02 (dois) metros de área de preservação permanente. Tais dados podem ser constatados na Imagem 02.

Imagem 02. Residência às margens do igarapé (nota-se a contenção de aterro). Fonte: Autor (2020).

Holz (2012) ressalta que "A ocupação dessas áreas não representa somente um problema ecológico, mas também, muito frequentemente, riscos de vida e de perdas materiais à população". Em relação ao igarapé Sajope, as ocupações irregulares trazem consequências para os moradores que se localizam em alguns pontos onde ocorrem inundações, principalmente no período do inverno amazônico. Tal medida tem sido amenizada por meio de uma ação do Poder Público Municipal que anualmente realizada a desobstrução do leito do igarapé, prevenindo assim as enchentes.

Mesmo o poder público buscando soluções para conter esse tipo de problema, Holz (2012) ressalta que "o que se percebe atualmente é que as cidades não são capazes de prevenir e evitar os riscos

ambientais, já que não conseguem conter o avanço da ocupação irregular sobre as áreas suscetíveis a desastres". Neste sentido, Vargas (2008) ressalta que a ocupação dessas áreas é proveniente da

> falta de planejamento e de políticas públicas, destinadas a proporcionar moradia digna a todas as pessoas, assim como a ausência de uma estrutura administrativa eficiente de fiscalização permitem a ocupação das margens de rios e lagoas, por loteamentos clandestinos ou irregulares, em áreas urbanas.

De fato, é isto que vem ocorrendo na área urbana do Município de Igarapé-Açu. As pesquisas realizadas revelam que o Município instituiu em 2006, através da Lei nº 600/2006, o seu Plano Diretor Participativo, sendo que este instrumento previa dentre outras ações no que diz respeito à questão ambiental (Art. 24):

> "I – Garantir a criação de órgão municipal de gestão ambiental; III - Garantir o uso sustentável do solo, e dos recursos naturais; IV - Preservar e recuperar as várzeas e ecossistemas essenciais; V - Proteger os recursos hídricos e os mananciais, assim como suas matas ciliares; VI - Proteger o solo e o ar; VII - Estimular a evolução conceitual da questão ambiental, através da educação ambiental, como processo sócio-interacionista e emancipatório dos munícipes; VIII - Preservar e proteger os igarapés do município; IX - Implantar a Agenda 21 como estratégia de desenvolvimento sustentável" (IGARAPÉ-AÇU, 2006)

Tardiamente, conforme disposto na Lei Municipal nº 621/2009, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente só foi criada 03 (três) anos depois da sanção do plano diretor do Município, conforme previsão do Art. 24, inciso I. Tal situação pode ter sido um agravante para a ampliação dos impactos ambientais no Município, visto que não havia outro órgão responsável pela política ambiental no Município.

Resíduos Sólidos e esgotamento sanitário

Outros impactos significativos detectados ao longo do leito do igarapé, lócus da pesquisa, diz respeito a grande quantidade de resíduos sólidos descartados irregularmente às margens do corpo hídrico. Ressalta-se que de acordo com o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município existe coleta pública dos resíduos domésticos tanto na zona urbana quanto rural (IGARAPÉ-AÇU, 2013), mas mesmo com a realização desta ação é possível perceber uma grande quantidade de lixo nos locais visitados (figuras 04 e 05). Segundo Mucelin e Bellini (2008) a cultura de uma comunidade caracteriza a forma que a mesma usa o ambiente, isto é, os seus hábitos de consumo de produtos e de água. Ainda segundo os autores,

> O consumo cotidiano de produtos industrializados é responsável pela contínua produção de lixo. A produção de lixo nas cidades é de tal intensidade que não é possível conceber uma cidade sem considerar a problemática gerada pelos resíduos sólidos, desde a etapa da geração até a disposição final (Mucelin; Bellini, 2008).

Neste sentido, é de suma importância que o Município invista em ações que possam repercutir na mudança de hábitos e atitudes da população local em relação a produção de resíduos sólidos, bem como o seu descarte de forma irregular, prejudicando o meio ambiente e a vida humana, caso tal situação não seja mitigada pela ação do poder público.

Imagem 03. Pneus descartados às margens do igarapé. Fonte: Autor (2020). Fonte: Autoria própria.

Segundo Holz (2012)

> As principais fontes de poluição das águas em meio urbano são o lançamento de esgoto sanitário e industrial sem tratamento; a contribuição das galerias de águas pluviais que carregam toda a sujeira acumulada para os cursos d'água; a água de escoamento superficial, que além de poluir também causa assoreamento pelo depósito de sedimentos; o lançamento direto de resíduos sólidos – lixo doméstico e objetos descartados; e o lançamento de agrotóxicos e outros produtos químicos; provocando a redução drástica, ou até mesmo a extinção, da flora e da fauna que dependem das águas para subsistência.

O que foi evidenciado pela autora, pode ser confirmado no lócus pesquisado, onde durante a visita, detectou-se a ausência de um esgotamento sanitário adequado no Município, sendo os resíduos despejados no leito do corpo hídrico, situação que é bastante preocupante. Conforme detectou-se em campo, 100% do esgoto do bairro da Colina é descartado sem nenhum tratamento no igarapé. Além do mais, devido às moradias serem construídas bem próximo a margem do leito do corpo hídrico, facilita a infiltração dos dejetos depositados em fossas negras no lençol que abastece o igarapé.

Com a sanção da Lei Federal nº 11.445/2007, os municípios são obrigados a elaborarem seus Planos Municipais de Saneamento Básico. O Município de Igarapé-Açu até então ainda não elaborou o seu, o que dificulta o acesso e a execução de políticas públicas que possam repercutir no cenário revelado por esta pesquisa.

Ainda sobre o assunto, a Confederação Nacional de Municípios (2014) ressalta que

> Os Planos Municipais de Saneamento Básico são indispensáveis para a política pública de saneamento municipal e são obrigatórios para a contratação ou concessão de serviços, bem como para o recebimento de recursos financeiros da União. É importante destacar que os planos devem ser elaborados pelo titular do serviço, ou seja, pelos Municípios, sendo uma tarefa que não pode ser transferida.

A figura 04 mostra o reflexo do Município não possuir políticas públicas de saneamento básico o que compromete ainda mais a qualidade da água do igarapé Sajope, isto é, conforme ressaltado por Holz (2012)

> O crescimento constante da população urbana é um fato preocupante, pois, aliado às dificuldades no planejamento e controle do uso e ocupação do solo e investimentos insuficientes em infraestrutura, resulta no estabelecimento de ocupações sub-normais, que afetam diretamente e de forma negativa as condições do meio ambiente.

As ocupações irregulares ocorrem de forma inesperada, impedido que o poder público possa prever os impactos a serem causados pela ação, bem como planeje políticas públicas de ordenamento territorial, saneamento básico dentre outras. Daí a importância de os Municípios brasileiros construírem e/ou revisarem de forma democrática os Planos Diretores Municipais, que se figuram como importante instrumento de planejamento da zona urbana dos Municípios.

Imagem 04. Registro de uma galeria despejando resíduos no leito do igarapé. Fonte: Autor (2020). Fonte: Autoria própria (2020)

Obras de infraestrutura pública

Além das ações de responsabilidade dos moradores que residem próximo ao leito do igarapé Sajope a visita também detectou negligência do poder público local. As observações demonstram que obras que envolvem o corpo hídrico foram realizadas sem o devido planejamento ou estudos ambientais exigidos pela legislação em vigor.

É fato que na seção anterior já se tratou do esgoto despejado sem tratamento no igarapé, mas outros problemas causados pela construção de infraestrutura pública também causam danos ao corpo hídrico, dentre elas: a ausência de uma canalização adequada para o escoamento de águas pluviais, como ocorre na Rua Germano Melo (Figura 05), ruas asfaltadas, mas que não seguem as normas técnicas que poderiam contribuir para a diminuição dos impactos no leito do igarapé.

Imagem 05. Ausência de galeria em obra realizada pela Prefeitura. Fonte: Autor (2020). Fonte: Autoria própria (2020)

Situação semelhante e mais preocupante é a terraplanagem com aterro, sem a devida contenção, o que no inverno amazônico que dura em torno de 06 (seis) meses possibilita o carreamento de todo o material para o leito do corpo hídrico, provocando o assoreamento e contribuindo para o agravamento dos impactos ambientais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho objetivou analisar os impactos ambientais ocasionados pela urbanização no igarapé Sajope, no Município de Igarapé-Açu, Pará. Analises desta natureza deveriam ser constantemente realizadas pelo poder públicos com objetivo de proporcionar a população um meio ambiente saudável com recursos naturais ainda à disposição, bem de uso comum do povo, conforme previsão constitucional. Os reflexos dessa problemática repercutem em consequências danosas em todas as áreas, tais como: ambiental, econômico, social e principalmente de saúde pública.

A pesquisa permitiu uma melhor visualização da realidade de um problema existente no município de Igarapé-Açu, muitas vezes despercebida pelos gestores públicos e também pela população local. Com a análise realizada e visitação in loco foi possível verificar a dimensão do problema a ser enfrentado e as dificuldades que existem para reverter os impactos. Este trabalho, evidenciou a ausência de políticas públicas, falta de consciência e atitudes que possam melhorar o meio ambiente, bem coletivo que pertence a todos os Munícipes.

Espera-se que este estudo se torne um ponto de partida, na perspectiva de uma contribuição ao debate e reflexão sobre os problemas ambientais no Município de Igarapé-Açu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm >. Acesso em: 10 set. 2020.

Cecconello, V. M. O estudo de impacto ambiental. Direito & Justiça, Porto Alegre, v. 35, n. 2, p. 137-147, jul./dez. 2009.

COEMA, Resolução nº 162, de 02 de fevereiro de 2021, do Conselho Estadual de Meio Ambiente-COEMA, "Estabelece as atividades de impacto ambiental local, para fins de licenciamento ambiental, de competência dos Municípios no âmbito do Estado do Pará, e dá outras providências". Disponível em: < https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/files/pdf/25758.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2022.

Coelho, M. C. N. Impactos Ambientais em Áreas Urbanas: teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. da. (Orgs.). Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

CONAMA. Resolução nº 01, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=745>. Acesso em: 15 nov. 2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS. Planos Municipais de Saneamento Básico: Orientações para Elaboração. Brasília : CNM, 2014

Cruz, F. C. da; Cruz, A. C. da; Rossato, M. V.. Identificação e Avaliação de Impactos Ambientais: um estudo de caso. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 18, n. 2, p.777-791, Mai-Ago. 2014.

Filho, G. R. de O. Uma breve reflexão sobre o conceito de impacto ambiental. Revista CES. Juiz de Fora, v. 27, n. 01, p. 15-28, Jan/dez.2013.

GOVERNO DO PARÁ. Subdivisões. Disponível em: https://www.pa.gov.br/pagina/54/subdivisoes. Acesso em: 20 nov. 2021.

Hayden, D. A.; França, C. F. de. Dinâmica do uso e ocupação do solo no Município de Igarapé-Açu/Pará, entre 1989 e 2008. Revista perspectiva geográfica, v. 8, n. 8, UNIOEST, 2013.

Holz, I. H. Urbanização e impactos sobre Áreas de Preservação Permanente: o caso do Rio Jucu – ES. Vitória, 2012. 211 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012 [Orientadora: Profª. Eneida Maria Souza Mendonça].

IBGE. Igarapé-Açu. Disponível em: < https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/igarape-acu/panorama>. Acesso em: 20 nov. 2021.

IGARAPÉ-AÇU. Lei Municipal nº 600, de 30 de novembro de 2006. Igarapé-Açu: Prefeitura Municipal de Igarapé-Açu, 2006.

IGARAPÉ-AÇU. Lei Municipal nº 621, de 21 de janeiro de 2009. Igarapé-Açu: Prefeitura Municipal de Igarapé-Açu, 2006.

IGARAPÉ-AÇU. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Igarapé-Açu: SEMMA, 2013.

MICHAELIS. Igarapé. Disponível em: < https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/igarap%C3%A9/ >. Acesso em: 10 nov. 2021.

Mucelin, C. A.; Bellini, M. (2008). Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. Sociedade & Natureza. Uberlândia, 20(1): 111-124.

Pereira, S. S.; Curi, R. C (2012). Meio Ambiente, Impacto Ambiental e Desenvolvimento Sustentável: Conceituações Teóricas sobre o Despertar da Consciência Ambiental. Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade (REUNIR), 2(4): 35-57.

Vargas, H. L. Ocupação irregular de APP urbana: um estudo da percepção social acerca do conflito de interesses que se estabelece na lagoa do prato raso, em Feira de Santana, Bahia. Sitientibus, Feira de Santana, n. 39, p.7-36, jul./dez. 2008.

Capítulo 17

Aspectos Sobre a Produção e Comercialização de Tomate Orgânico[1]

Recebido em: 15/06/2022
Aceito em: 20/06/2022
10.46420/9786581460419cap17

Ana Rafaela Moreira da Silva[2]
Carlos Antônio dos Santos[3*]
Mariella Camargo Rocha[3]
Natasha dos Santos Rosa[4]
Priscilla Rodrigues Ruella[4]
Margarida Goréte Ferreira do Carmo[5]

INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma espécie cosmopolita e que, economicamente, se destaca como a segunda hortaliça mais produzida e consumida no mundo todo, perdendo apenas para a batata (Nick; Silva, 2018). No entanto, apesar desta dimensão econômica e comercial, é uma cultura que, invariavelmente, requer grandes investimentos e elevado aporte de insumos. A produção de tomate envolve diferentes tipos de riscos, desde aqueles decorrentes de intempéries climáticas e dos ataques de pragas e doenças a aspectos econômicos, como alta do preço dos insumos e quedas no preço pago aos produtores pela caixa de frutos. Esta insegurança econômica é maior para os produtores convencionais comparado aos orgânicos em virtude do elevado aporte de agroquímicos e à sazonalidade dos preços ao longo do ano (Filgueira, 2013; Lopes; Costa, 2018; Fontes; Nick, 2019).

Em função da insegurança econômica de muitos produtores e da percepção destes quanto à insustentabilidade desses sistemas de produção, baseados em alto aporte de insumos, e do crescimento do mercado de produtos isentos de resíduos de agrotóxicos ou de produtos "ecologicamente corretos", vem crescendo o cultivo e produção de tomates em sistemas alternativos como o tomate orgânico e agroecológico. Nestes sistemas priorizam-se práticas que sejam ecologicamente corretas e que resgatam ensinamentos da natureza, muitas vezes combinadas com tecnologias modernas de produção. A produção orgânica diferencia-se por ser um sistema organizado e regulamentado por legislação específica (Brasil, 2003; MAPA, 2021).

[1] Parte do Trabalho de Conclusão de Curso da primeira autora.
[2] Egressa do curso de graduação em Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).
[3] Egressos do curso de pós-graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).
[4] Egressas do curso de pós-graduação em Agricultura Orgânica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).
[5] Professora no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).
[*] Autor correspondente: carlosantoniokds@gmail.com

Dentre os produtos orgânicos de origem vegetal, o tomate é um dos mais procurados pelos consumidores (Santos et al., 2016). Consumidores estes que valorizam a qualidade dos alimentos muito além da aparência, mas principalmente quanto a aspectos como valor nutricional, sabor, ausência de resíduos tóxicos, forma como foram produzidos e impactos ao meio ambiente (Rocha, 2008; Santos et al., 2016; Kamiyama, 2017; Costa, et al., 2018).

O mercado de alimentos orgânicos é um dos segmentos que mais cresce em âmbito mundial. Estimativas recentes indicam uma alta de 30% nas vendas de produtos orgânicos no ano 2022, e uma movimentação de R$ 5,8 bilhões. Para os próximos anos, projeta-se um crescimento de 10% neste mercado no Brasil (ABRAS, 2021). Dentre os principais produtos orgânicos consumidos pelos brasileiros estão os hortifrutis, com destaque para o tomate com cerca de 20% de participação.

A produção de tomate orgânico é uma atividade com alto potencial de retorno em função do maior valor agregado, comparado ao tomate produzido em cultivos convencionais. Apesar disso, deve ser considerado que a produção de tomate orgânico requer a superação de muitos desafios inerentes ao manejo da própria cultura e o atendimento da legislação vigente para a produção e comercialização de produtos orgânicos (Brasil, 2003; MAPA, 2009; MAPA, 2021).

O presente trabalho tem como objetivo central apresentar um estudo bibliográfico sobre a produção e comercialização de tomate orgânico. A revisão foi estruturada visando contemplar os seguintes aspectos: a) panorama da produção de tomate orgânico; c) aspectos conceituais sobre a agricultura orgânica; d) produção de tomate sob manejo orgânico, com ênfase no preparo do solo e manejo da fertilidade; cultivares utilizadas; implementação e condução da cultura; manejo das pragas e doenças e; colheita, mercado e comercialização.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente capítulo foi redigido de tal forma a trazer uma abordagem teórica sobre a produção de tomate sob manejo orgânico. Para o levantamento das informações bibliográficas, realizou-se pesquisa e consulta de documentos e informações em plataformas de pesquisas acadêmicas digitais como a Scielo, Periódico Capes, Google Acadêmico, bem como *sites* de periódicos científicos, bibliotecas digitais de Teses e Dissertações, portal de boletins técnicos, livros físicos e digitais e *sites* governamentais. Os dados levantados foram analisados e selecionados a partir da temática alvo de estudo. Nas buscas, foram utilizados, principalmente, os seguintes termos: tomate, *Solanum lycopersicum,* agricultura orgânica, produção de tomate, manejo orgânico de tomate, legislação da agricultura orgânica, manejo alternativo de pragas e doenças, e comercialização de tomate orgânico.

PANORAMA GERAL DA PRODUÇÃO DE TOMATE ORGÂNICO

As mudanças nos cenários produtivos e nos requerimentos por parte dos consumidores têm encorajado a produção de alimentos orgânicos, inclusive do tomate orgânico (Costa, 2013). A produção

e o consumo de produtos orgânicos no mundo vêm crescendo anualmente. Esta produção utiliza mais de 72 milhões de hectares de área agrícola, sendo gerida por aproximadamente 3,1 milhões de agricultores (FAO, 2021).

Dados de pesquisas da FiBL; IFOAM - Organics International indicam que a Austrália é o país líder em áreas agrícolas sob manejo orgânico, com 35,7 milhões de hectares plantados. No Brasil, estimativas apontam que 1,2 milhões de hectares são cultivados seguindo este princípio e que aumentos de produção e de consumo de produtos orgânicos crescem a cada ano. Estes incrementos passam por inúmeros desafios desde a fase de transição à padronização dos critérios de certificação como pela escassez de insumos permitidos pela legislação vigente (Lima et al., 2020). Campanhola e Valarini (2001) afirmam que agricultura orgânica é uma boa opção para o pequeno produtor, pois permite a diversidade de cultivos, tornando-se um meio de renda durante um certo período, e fortalece o comércio local.

Apesar da importância econômica da produção do tomate, inexistem estatísticas oficiais que detalham o cenário da produção brasileira de tomate orgânico. Apesar disso, segundo um estudo nacional sobre o consumo de orgânicos divulgado pela Organis (Conselho Brasileiro da Produção Orgânica e Sustentável), as hortaliças lideram como os alimentos orgânicos mais consumidos no Brasil. Neste *ranking* se destacam a alface, o tomate, a rúcula e o brócolis. A alface é o alimento orgânico mais consumido (1 em cada 3 consumidores), seguido pelo tomate (1 em cada 5) (Organis, 2017).

AGRICULTURA ORGÂNICA

A agricultura orgânica pode ser definida como um sistema de produção ecologicamente equilibrado e estável que resgata os ensinamentos da natureza combinados com tecnologias modernas de produção (Darolt, 2015a). Logo, um produto orgânico é aquele originário de um sistema de produção que busca a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos mediante o uso de técnicas e práticas que não coloquem em risco a saúde de consumidores, de trabalhadores e do meio ambiente (Kamiyama, 2017), e que atendam a normativas específicas de produção e comercialização.

A produção orgânica difere-se da produção convencional em muitos aspectos, incluindo os princípios norteadores e os aspectos referentes à legislação. No Brasil, a agricultura orgânica é regulamentada pela Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003 que dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências (Brasil, 2003), bem como pelos decretos, instruções normativas e portarias em vigência. A Portaria nº 52, de 15 de março de 2021 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabeleceu o regulamento técnico para os sistemas orgânicos de produção e as listas de substâncias e práticas para o uso nos sistemas orgânicos de produção (MAPA, 2021). Este regulamento especifica informações como os requisitos gerais dos sistemas de produção orgânica, caracterização da unidade de produção orgânica, planejamento, certificação da produção, período de conversão e as práticas e insumos permitidos nos sistemas de produção.

A venda dos produtos orgânicos pelos agricultores requer uma garantia da conformidade orgânica obtida por um organismo reconhecido pelo MAPA, seja por meio da certificação por auditoria, Sistema Participativo de Garantia ou OCS (Organismo de Controle Social). Desta forma, a Instrução Normativa n° 19, de 28 de maio de 2009, estabelece os mecanismos de controle e informação da qualidade orgânica a serem seguidos pelas pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, que produzam, transportem, comercializem ou armazenem produtos orgânicos, ou que sejam responsáveis pela avaliação da conformidade orgânica (MAPA, 2009). As leis brasileiras abriram uma exceção à obrigatoriedade da certificação de produtos orgânicos somente para a venda direta aos consumidores finais por agricultores familiares. Mas, para isso, esses agricultores precisam estar vinculados a uma Organização de Controle cadastrada no MAPA. A OCS é formada por um grupo, associação, cooperativa ou consórcio de agricultores familiares, com ou sem personalidade jurídica (Darolt, 2015a).

PRODUÇÃO DE TOMATE SOB MANEJO ORGÂNICO

Preparo do solo e manejo da fertilidade

A produção de tomate orgânico deve seguir as regras especificadas na IN nº52/2021 que estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção e as listas de substâncias e práticas para o uso nos Sistemas Orgânicos de Produção (MAPA, 2021) ou por novas normativas vigentes. Os cuidados com o manejo do solo, como preparo do solo e adubação são, literalmente, a base de toda a essência desta produção. Segundo Souza (2010) o correto manejo dos solos em sistemas orgânicos de produção é uma das atividades prioritárias e vitais, uma vez que, o solo deve ser considerado não apenas como suporte de plantas ou reservatório de nutrientes, mas como um organismo vivo e um sistema complexo que abriga uma diversidade de fauna e flora indispensável para a sustentabilidade do agroecossistema (Souza, 2010). Logo, o manejo da adubação vai muito além da simples substituição de insumos como é comumente observado.

Em cultivos sob manejo orgânico, a diversidade na produção deverá ser assegurada, no mínimo, pela prática de associação de culturas a partir das técnicas de rotação e de consórcios (Vasconcelos et al., 2019). A rotação de culturas, evidentemente, jamais poderá ser feita com espécies de plantas da mesma família. No caso do tomate, deve-se evitar as outras espécies da família Solanaceae, como o pimentão, jiló, berinjela e a batata, devido a potenciais problemas fitossanitários (Leal, 2006). As recomendações constantes no "Manual de Adubação e Calagem do Estado do Rio de Janeiro", apontam que a cultura do tomateiro deve ser plantada em solo após pousio ou em sucessão a uma leguminosa ou gramínea (por exemplo, feijão-vagem ou milho), para diminuir a ocorrência de doenças (Macedo et al., 2013).

O primeiro passo para se iniciar a produção de tomate em um sistema orgânico de produção é a realização da análise do solo com dois a três meses de antecedência ao plantio, e posterior envio das amostras a laboratório credenciado (Santos et al., 2016; Santos et al., 2017). Com base nos resultados

desta análise e das recomendações de adubação da cultura do tomateiro, podem ser feitos os cálculos da quantidade de calcário, se necessário, bem como os cálculos de adubação para a cultura (Santos et al., 2019). Caso haja necessidade de aplicação de calcário, é preciso que esta aplicação seja feita com cerca de dois a três meses de antecedência, para que o mesmo possa reagir com o solo (Souza, 2010).

A realização da calagem, no geral, apresenta uma série de benefícios diretos e indiretos como o fornecimento de cálcio; aumento da disponibilidade de nutrientes, a exemplo do fósforo e potássio; neutralização do alumínio que é tóxico; e aumento da atividade microbiana. Estas condições favorecem o desenvolvimento das plantas, o que traz benefícios para a produtividade (Santos et al., 2019). A cultura do tomateiro é muito exigente em cálcio e muito sensível à sua deficiência ou a desequilíbrios que venham a comprometer a sua absorção e translocação nas plantas. As doses de calcário devem ser dimensionadas de forma a neutralizar o alumínio tóxico e/ou para elevar o nível de Ca e Mg para 3 $cmol_c$ dm^{-3}. A sua aplicação pode ser feita a lanço em toda a área total ou nas covas, pelo menos 60 dias antes do transplante das mudas de tomateiro (Macedo et al., 2013).

Uma estratégia extremamente pertinente no manejo produtivo de tomate orgânico, bem como das demais hortaliças produzidas sob manejo orgânico é a prática da adubação verde. Segundo Sartori et al. (2011) a adubação verde é uma prática de cultivo de plantas, com elevado potencial de produção de biomassa vegetal, semeadas em rotação, sucessão ou consórcio com espécies de importância econômica. Entre as espécies mais promissoras e recomendadas estão as leguminosas com destaque para as crotalárias, o feijão-de-porco, o lablab, a mucuna, o feijão-bravo e o guandu. Alguns adubos verdes como as crotalárias também apresentam benefício adicional de reduzir a população de nematoides do gênero *Meloidogyne* (Balieiro et al., 2013).

No fornecimento de nutrientes deve ser considerado o uso de fertilizantes orgânicos e de compostos orgânicos bioestabilizados, preferencialmente aqueles obtidos dentro da própria propriedade considerando as especificações técnicas recomendadas. Segundo a Portaria nº 52/2021 entende-se por composto orgânico o produto obtido pela compostagem. A compostagem, por sua vez, é o processo de decomposição onde microrganismos, agindo em condições adequadas de temperatura e umidade, transformam a matéria orgânica de origem animal ou vegetal e suas misturas em fertilizante natural para o solo (MAPA, 2021).

O composto orgânico deve ser produzido preferencialmente na composteira da própria propriedade. Este pode ser utilizado em solos pobres em matéria orgânica (até 20 g dm^{-3}). O nitrogênio (N) poderá ser fornecido como suplementação em cobertura utilizando-se materiais como o bokashi ou farelo de mamona, por exemplo (Tivelli, 2015). O bokashi é um composto orgânico que contém uma mistura balanceada de matérias orgânicas de origem vegetal e/ou animal, submetidas a processo de fermentação controlada. Este, além de servir como fonte de nutrientes para as plantas, têm a função muito importante de estimular o aumento e a diversidade de organismos que vivem no solo (Siqueira;

Siqueira, 2013). Já o farelo ou torta de mamona também é citado como adubo orgânico e apresenta, ainda, propriedades nematicidas cientificamente comprovadas (Severino et al., 2012).

Para o fornecimento de fósforo (P) recomenda-se a realização da fosfatagem que é a aplicação de uma rocha rica em P, também conhecida por fosfato natural. Para o fornecimento de potássio (K), o ideal é que se aplique a rocha potássica antes do plantio do adubo verde. Outros resíduos como a cinza de caldeiras, olarias e até mesmo de pizzarias podem ser utilizadas, desde que oriundas de madeira não tratada (Tivelli, 2015).

Como estratégia para fornecimento de nutrientes e melhorias no desenvolvimento das plantas, também é recomendado o uso dos biofertilizantes (MAPA, 2021). Nos biofertilizantes podem ser encontrados, além dos nutrientes (macro e micronutrientes), hormônios, que ajudam no desenvolvimento e resistência das plantas; e microorganismos benéficos, que auxiliam na defesa (Reis Júnior et al., 2017). Estes podem contribuir para controlar direta ou indiretamente algumas doenças/pragas devido a presença de algumas substâncias de ação fungicida, bactericida e/ou inseticida presentes em sua composição (Fernandes et al., 2008). Existem várias formulações/receitas para preparo de biofertilizantes na literatura, algumas bem simples e que utilizam apenas a fermentação de esterco bovino fresco, a outras mais complexas que requerem a adição de outros ingredientes. Exemplos de receitas para fabricação de biofertilizantes na própria propriedade são listados em Reis Júnior et al. (2017) e Fernandes et al. (2008). No entanto, é importante ressaltar que a OCS ou OAC deve ser consultada quanto a autorização do uso de biofertilizantes, principalmente quando se trata da aplicação em partes comestíveis das plantas; que seu uso é permitido desde que esteja fermentado e bioestabilizado (curado) e, que a produção e venda comercial de biofertilizantes deve estar devidamente registrada no Ministério da Agricultura.

Cultivares, produção de mudas e implementação da cultura

Em cultivos sob manejo orgânico, um dos primeiros aspectos a ser observado visando êxito na produção é a escolha adequada da cultivar a ser plantada. Para a maioria das hortaliças, existem cultivares mais rústicas ou com maior resistência a pragas e doenças, que se desenvolvem melhor nestes sistemas de cultivo (Souza; Resende, 2003). Segundo a Portaria nº 52/2021, as sementes e mudas utilizadas em cultivos orgânicos deverão ser oriundas de sistemas orgânicos de produção. No entanto, se constatada a indisponibilidade de sementes e mudas oriundas destes sistemas, o organismo de avaliação da conformidade (OAC) ou organização de controle social (OCS) poderá autorizar a utilização de outros materiais existentes no mercado, dando preferência aos sem tratamento químico ou, que tenham sido tratadas com substâncias e produtos permitidos (MAPA, 2021).

A boa adaptação às condições locais, produtividade e resistência às doenças são pontos importantes a serem considerados na escolha. Variedades que produzem frutos com características

distintas comparadas aos frutos normalmente oferecidos no mercado também são opções interessantes quando se quer atingir nichos específicos do mercado ou ofertar frutos com maior valor agregado. Segundo Santos et al. (2016) o mercado consumidor tem exigido frutos de tomate de melhor qualidade, que vai além da uniformidade e aparência, mas que se destaquem também por melhores características nutricionais e sensoriais. Os tomates do grupo cereja, por exemplo, são mais doces e de sabor mais pronunciado (Rocha, 2008; Santos et al., 2016; Costa et al., 2018; Santos et al., 2019) que os frutos graúdos do grupo Salada e Santa Cruz.

A produção das mudas de tomateiro em bandejas é o modo mais comum. Devem ser utilizados substratos comerciais certificados para a produção orgânica ou substratos produzidos na própria propriedade a partir de húmus de minhoca, vermiculita e outros resíduos, por exemplo (Darolt et al., 2015b). As bandejas de mudas de tomate devem ser mantidas em casas de vegetação fechadas, de preferência com as laterais cobertas por tela anti-insetos, uma vez que, as mudas são vulneráveis ao ataque de mosca-branca, mariposas, tripes, pulgões e outros, que são vetores de viroses e que podem diminuir, significativamente, a qualidade fisiológica e sanitária das mudas e comprometer o desempenho da cultura. As mudas podem ser transplantadas para o local definitivo por volta de 30 dias após a semeadura em bandejas, dependendo da qualidade do substrato, temperatura e tamanho das células das bandejas (Santos et al., 2018a). O espaçamento a ser usado no transplantio deverá considerar as condições do cultivo, no campo ou em ambiente protegido, cultivar utilizada, condições climáticas, tipo de manejo a ser adotado. Em geral, recomendam-se espaçamentos maiores para garantir uma boa ventilação e assim facilitar o manejo fitossanitário. Segundo Correa et al. (2012), por exemplo, recomendam para produção de tomate estaqueado em campo aberto, o espaçamento de 1,0 a 1,3 m entre linhas e de 0,5 a 0,6 m entre plantas.

CONDUÇÃO DAS PLANTAS E MANEJO DA CULTURA

A condução das plantas de tomates é trabalhosa e demanda grande quantidade de mão-de-obra comparado a outras hortaliças. O tutoramento individual das plantas, em tutores verticais garantem a sustentação adequada das plantas evitando o seu contato, e principalmente dos frutos com o solo, e facilitam todas as operações, desde as podas às colheitas dos frutos (Almeida et al., 2018; Morales; Santos, 2019).

Na condução da planta, a poda dos ramos laterais ou desbrotas, contribuem para a melhoria da qualidade da lavoura e dos frutos pois, além de melhorar a ventilação, reduzem a competição entre os brotos com os frutos, garantindo a colheita de frutos maiores e de melhor qualidade. Esta prática, porém, deve ser feita com frequência, evitando o crescimento excessivo dos brotos laterais, e manualmente, ou seja, sem o uso de tesouras ou canivetes visando evitar a disseminação de vírus e outros fitopatógenos entre plantas (Correa et al., 2012; Almeida et al., 2018; Morales; Santos, 2019).

O tipo de irrigação mais recomendado para o cultivo de tomateiro orgânico é a irrigação localizada, com uso de gotejadores (Santos et al., 2017), visando evitar o acúmulo de águas nas folhas pois favorece o desenvolvimento de doenças (Marouelli et al., 2012). A lâmina e o intervalo entre as regas devem ser bem dimensionados visando manter a umidade constante e próxima a 70% da capacidade de campo, para evitar estresses hídricos, seja pela falta, excesso ou oscilações na umidade do solo que acarretam aborto floral e queda de frutos, anomalias fisiológicas, dentre outros problemas.

O controle das plantas espontâneas deve ser feito utilizando-se métodos físicos (manutenção de cobertura morta e adubação verde); métodos biológicos (uso de plantas com efeito alelopáticos); e métodos mecânicos (aração, gradagem, capinas, roçadas) (Darolt et al., 2015a).

Para atender à contínua demanda por nutrientes com o início das colheitas dos frutos, adubações de cobertura devem ser feitas, visando assegurar o adequado fornecimento de nutrientes, especialmente K e N, à medida que são exportados. Os materiais aplicados devem estar em conformidade com o regulamento técnico apresentado na portaria nº52/2021 (MAPA, 2021) ou na legislação em vigor.

Em lavouras a céu aberto, com plantios em covas ou sulcos, recomenda-se a realização de amontoa, que auxilia na sustentação da planta e estimula a emissão de raízes adventícias e assim maior absorção de nutrientes. Neste método se realiza o deslocamento de terra para a linha de cultivo, a uma altura de no mínimo 20 cm de altura, e deve ser realizado após a adubação de cobertura (Souza, 2010).

O manejo fitossanitário do tomate orgânico deve ser visto de forma sistêmica e considerando as diferentes interações entre as plantas, os patógenos e as pragas. O manejo adequado do solo e da cultura e a adoção de medidas de caráter preventivo podem facilitar o controle de doenças e pragas e amenizar as perdas (Santos et al., 2017). Os maiores entraves à produção de tomate orgânico estão relacionados à vulnerabilidade da cultura a problemas fitossanitários. Doenças como a requeima (*Phytophthora infestans*), preocupante em épocas frias e com alta umidade, além do ataque da broca-pequena (*Neoleucinodes elegantalis*), em períodos mais quentes, podem causar redução ou mesmo perda total na produção de frutos comercializados (Santos et al., 2016).

MANEJO VISANDO O CONTROLE DAS PRAGAS E DOENÇAS

A cultura do tomate é uma das mais vulneráveis a perdas causadas pelo ataque de pragas e fitopatógenos (Lopes; Costa, 2018). O adequado manejo que leve à redução da população das pragas e fitopatógenos e à maior resistência das plantas são fatores chaves para o sucesso. Para se atingir este fim, práticas que levem a um maior equilíbrio ecológico e adoção de medidas preventivas são as mais importantes (Souza; Resende, 2003), principalmente visando o aproveitamento dos serviços ecológicos providos pela biodiversidade.

Na produção de tomate, seja sob manejo convencional quanto orgânico, medidas de prevenção e controle devem ser seguidas criteriosamente para evitar problemas fitossanitários, como: rotação de

culturas, especialmente com gramíneas; plantio em terrenos bem drenados e áreas bem ventiladas; levantamento de histórico de uso e com atenção especial aos cultivos prévios com outras espécies da família Solanaceae; utilização de sementes e mudas sadias; cultivares resistentes; não reutilização de estacas; adubação e irrigação balanceadas, promoção da microbiota benéfica e preservação da biodiversidade no solo e no entorno, e cultivos em ambientes protegidos.

O controle baseado na aplicação de produtos químicos ou biológicos somente deve ser feito seguindo as regras previstas na legislação e especificadas na Portaria nº 52/2021 (MAPA, 2021). A simples substituição de agrotóxicos por produtos naturais ou biológicos não condiz com os princípios da agricultura orgânica (Tivelli, 2015), apesar de atender à legislação brasileira para a produção orgânica (MAPA, 2021).

As pragas broqueadoras e as sugadoras são as mais danosas na produção de tomate, com perdas de até 100% da produção (Fernandes et al., 2018). Dentre as broqueadoras, destaca-se a broca-pequena (*Neoleucinodes elegantalis*) que, em cultivos em campo aberto, podem destruir mais de 90% dos frutos (Correa et al., 2012).

No manejo visando o controle de pragas em sistemas orgânicos são recomendadas estratégias como: diversificação dos sistemas produtivos, preservação de refúgios naturais, aumento da população de inimigos naturais e métodos físicos e mecânicos (Darolt, 2015a). Aplicações de fungos entomopatogênicos como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e o *Cladosporium* sp. (Mascarin; Pauli, 2010; Correa et al., 2012) também são citados. O uso de caldas, extratos de plantas, feromônios e aleloquímicos são, no entanto, de uso restrito (Darolt, 2015a; MAPA, 2021).

No cultivo de tomateiro sob manejo orgânico os produtores devem evitar áreas com histórico de doenças causadas por patógenos habitantes do solo como exemplo nematóides, murcha-de-fusário e murcha-bacteriana (Morales et al., 2019). Os produtores devem adotar medidas de prevenção desde o planejamento da lavoura, incluindo a diversificação do sistema agrícola através do manejo ecológico e o uso de medidas culturais, técnicas e práticas apropriadas (Reis Júnior et al., 2017).

Dentre as doenças foliares, destaca-se a requeima (*P. infestans*) que é considerada a doença mais importante na cultura. Danos severos têm sido observados em condições de temperatura variando de 12 a 18ºC e alta umidade (Costa, 2013; Lopes; Costa, 2018). Em regiões e épocas mais propensas à ocorrência da requeima, o controle da doença deve ser realizado com a combinação de diversas medidas como o plantio em regiões ou áreas com maior ventilação e insolação, especialmente na manhã, manejo das plantas que garanta boa ventilação e redução do acúmulo de água nas folhas, aplicação preventiva de calda bordalesa (Leal, 2006). A aplicação desta última, por sua vez, necessita estar em conformidade com o disposto nas normativas vigentes (MAPA, 2021) e não pode exceder a 6,0 Kg de cobre (Cu) por hectare por ano.

A calda bordalesa é um fungicida que pode ser utilizado na agricultura orgânica para controle de doenças de origens fúngicas, porém com certas restrições (MAPA, 2021). Trata-se de uma suspensão

coloidal, de cor azul celeste, obtida pela mistura de solução de sulfato de cobre com suspensão de cal virgem ou hidratada (Fernandes et al., 2008; Reis Júnior et al., 2017).

A calda sulfocálcica também pode ser utilizada na agricultura orgânica, porém com restrições (MAPA, 2021). Esta calda é relatada como de ação inseticida, fungicida e acaricida, ou seja, ação contra insetos sugadores, fungos, ácaros e cochonilhas de hortas e pomares. Serve como fonte de nutrientes para as plantas, principalmente no fornecimento de enxofre e cálcio, em torno de 19 e 8%, respectivamente (Reis Júnior et al., 2017). No entanto, deve-se tomar cuidado na sua aplicação pois pode apresentar efeito fitotóxico.

No manejo de doenças do tomateiro em cultivos sob manejo orgânico, além das práticas preventivas e de manejo anteriormente mencionadas, existem outras estratégias plausíveis de serem consideradas pelos produtores. Estas estratégias, no entanto, necessitam estar de acordo com a legislação vigente (MAPA, 2021) e especificações dos organismos certificadores. Resultados positivos têm sido observados com o uso de cultivares resistentes, quando disponíveis; uso de agentes de controle biológico de doenças; uso de biofertilizantes como estratégias para fitopatógenos habitantes do solo; solarização do solo; biofumigação do solo, dentre outras (Leal, 2006; Fernandes et al., 2008; Correa et al., 2012; Darolt, 2015a; Santos et al., 2021).

COLHEITA, MERCADOS E COMERCIALIZAÇÃO

O início da colheita dos frutos de tomate para consumo *in natura* se inicia de 60 a 90 dias após o transplantio, de acordo com a cultivar utilizada, manejo adotado e o clima da região de cultivo (Correa et al., 2012; Nick; Silva, 2018; Santos et al., 2018b). O ponto ideal de colheita dependerá do mercado a ser atendido e da distância que o produto deverá percorrer. Para mercados muito distantes, por exemplo, os frutos devem ser colhidos logo após atingirem o ponto de maturação fisiológica (Filgueira, 2013).

O tomate, por ser um fruto climatérico e pelo seu alto teor de água, normalmente possui uma curta vida pós-colheita. A conservação da qualidade dos frutos de tomate de mesa está diretamente relacionada à genética da cultivar, ao ponto de colheita e maturação dos frutos e aos cuidados realizados nestas etapas. A grande maioria das cultivares híbridas hoje presentes no mercado são de frutos "longa vida" por serem mais firmes e de maturação mais lenta, que lhes garantem maior durabilidade na pós-colheita. Após a colheita, os frutos devem ser limpos, selecionados, descartando-se os defeituosos. Na classificação devem ser considerados os padrões exigidos pelo mercado a ser atendido (Santos et al., 2018b).

A logística de distribuição de produtos orgânicos, desde a sua produção até o consumidor final, pode ser feita por meio de circuitos curtos ou longos. No primeiro caso, existe uma relação direta entre o produtor e consumidor, sem a necessidade de intermediários, como no caso das feiras de produtores. No entanto, nas situações em que a distância percorrida entre a produção e o consumo envolve a presença de mais de um intermediário, os canais de comercialização são citados como circuitos longos (Kamiyama,

2017). A grande maioria (72%) dos consumidores optam pelos canais longos, como por exemplo os supermercados. Este comportamento, contudo, traz custos aos produtores, pois os supermercados ditam os preços dos produtos. No Estado do Rio de Janeiro, por exemplo, o Circuito Carioca de Feiras Orgânicas (CCFO), trouxe benefícios aos agricultores, por criarem uma independência quanto à comercialização dos seus produtos (Gomes, 2020). O perfil do consumidor destes produtos é composto por mulheres na faixa etária de 27 a 47 anos (Organis, 2019).

O mercado de tomate orgânico se dá por meio de feiras, redes de hiper e supermercados, conforme anteriormente mencionado, bem como por restaurantes, entrega direta pelo produtor, também existindo, atualmente, a venda *online* de tomate orgânico em sistemas especializados em uma relação direta com o consumidor final (Santos et al., 2017). Outro mercado importante de tomate orgânico é o próprio governo via programas como o de aquisição de alimentos da agricultura familiar (PAA) e Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) (Tivelli, 2015). Estima-se que estes programas pagam até 30% a mais por alimentos orgânicos (Santos et al., 2016; Santos et al., 2017).

A demanda por tomates orgânicos é maior do que a oferta (Santos et al., 2016), o que acaba encarecendo esse item, em especial, se o consumidor tiver acesso ao tomate orgânico apenas por intermédio das redes de supermercados, que no Brasil concentram a maior parte da venda de hortaliças orgânicas. Darolt (2015b) afirma que cerca de 70% dos consumidores brasileiros de produtos orgânicos compram estes produtos em supermercados, 41% complementam suas compras em lojas especializadas e 35% os adquirem em feiras. As regiões metropolitanas são, potencialmente, grandes consumidores de alimentos orgânicos e a demanda é crescente e superior à oferta.

Os supermercados mantêm os preços dos produtos orgânicos mais elevados do que as feiras orgânicas, restringindo o consumo à camada da população de poder aquisitivo mais alto (Vilckas; Nantes, 2007; Organis, 2017). As feiras, por sua vez, são importantes e potenciais canais de escoamento da produção de tomate e demais hortaliças orgânicas e tem potencial para desenvolver modos de relações sociais além das trocas, com confiança na origem, preços mais atrativos, trazendo melhor retorno econômico para os produtores (Santos et al., 2016; Kamiyama, 2017; Santos et al., 2017).

Do ponto de vista dos pequenos e médios produtores, o ideal é que estes possam optar pelos circuitos curtos (feiras, cestas em domicílio, vendas para governo, lojas especializadas, restaurantes) e formar uma clientela fiel (Darolt, 2015a; Gomes, 2020). A inclusão de materiais genéticos com cores, formatos e sabores diferenciados também é uma estratégia potencial visando o alcance de nichos diferenciados de mercado e a oferta de produtos de maior valor agregado (Rocha, 2008; Santos et al., 2016; Santos et al., 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste estudo permitiu identificar aspectos relativos à produção de tomate orgânico e seu potencial de expansão. O cultivo e produção de tomate demanda muitos cuidados, principalmente

com relação aos tratos culturais e ao manejo fitossanitário. Com isso, é usual no manejo convencional da cultura a adição de elevadas quantidades de agroquímicos o que, no entanto, traz consequências como os riscos de contaminação do ambiente e dos alimentos. Este cenário, evidentemente, é incompatível com os sistemas alternativos de produção e com as demandas atuais dos consumidores que valorizam a origem e a qualidade das hortaliças consumidas.

O cultivo e produção de tomate orgânico valoriza o equilíbrio dos agroecossistemas e priorizam práticas que estimulam os processos biológicos naturais e contribuam para a melhoria das condições do solo. Na agricultura orgânica, o solo é tratado como um organismo vivo. Os produtores necessitam adotar práticas como a rotação de culturas, adubação verde, utilização de compostos orgânicos bioestabilizados, adubação equilibrada, adoção de práticas que estimulem a microbiota benéfica e os inimigos naturais, dentre outras estratégias.

A produção de tomate orgânico tem como desafios o manejo da cultura, especialmente quanto ao controle de pragas e doenças, bem como o atendimento às normativas de produção e comercialização dos produtos orgânicos. No Brasil, esta produção é norteada por leis e demais instrumentos legais específicos, devendo o produtor estar vinculado a um mecanismo de avaliação da conformidade. Os mecanismos de avaliação da conformidade orgânica possibilitam benefícios aos produtores e aos consumidores, pois cria transparência ao tornarem públicas as informações sobre produtores e produtos; aumenta a credibilidade e a segurança na rastreabilidade; possibilita agregar valor ao produto e amplia o mercado de venda (Fonseca, 2009).

A atual produção e comercialização de tomate orgânico é inferior à demanda, o que indica a existência de espaço para expansão para atender a um mercado crescente. Os preços são mais elevados que o observado para frutos produzidos nos sistemas convencionais. Os produtores que desejarem ingressar nesse segmento necessitam estar alinhados aos requisitos norteadores da produção de orgânicos e poderão explorar nichos de mercado de melhor valor agregado além de contribuírem para uma agricultura mais sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAS – Associação Brasileira de Supermercados. (2021). *Setor de orgânicos cresce 30% no Brasil em 2020*. Recuperado em 1 de fevereiro de 2022, de: https://www.abras.com.br/clipping/geral/72392/setor-de-organicos-cresce-30-no-brasil-em-2020

Almeida, V. S., Araújo, N. M., Antonio, A. C.; & Nick, C. (2018). Tratos culturais. In Nick, C., Silva, D. J. H.; & Borém, A. (Eds.). *Tomate do plantio à colheita*. Viçosa: UFV.

Balieiro, F. C., Berbara, R. L. L., Faria, S. M., De-Polli, H.; & Franco, A. A. (2013). Insumos biológicos. In Freire, L.R. (Org.). *Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro.* Seropédica: Editora Universidade Rural.

Brasil. (2003). *Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003*. Brasília, Recuperado em 11 de fevereiro de 2022, de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.831.htm

Campanhola, C.; & Valarini, P. J. (2011). A agricultura orgânica e seu potencial para o pequeno agricultor. *Cadernos de Ciência; Tecnologia*, 18(3), 69-101.

Correa, A. L., Fernandes, M. C. A.; & Aguiar, L. A. (2012). *Produção de tomate sob manejo orgânico*. Niterói: Programa Rio Rural.

Costa, E. S. P. (2013). *Avaliação de genótipos de tomateiro do grupo cereja quanto a resistência à requeima e adaptação ao cultivo orgânico.* Tese, UFRRJ, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

Costa, E. S. P., Santos, C. A., Rocha, M. C., & Carmo; M. G. F. (2018). Caracterização física, físico-química e morfoagronômica de acessos de tomate cereja sob cultivo orgânico. *Revista de Ciências Agrárias*, 61, 1-8. DOI: 10.22491/rca.2018.2800

Darolt, M. (2015a). *Guia do produtor orgânico – como produzir alimentos de forma ecológica*. Rio de Janeiro: Centro de Inteligência em Orgânicos.

Darolt, M. (2015b). *Guia do consumidor orgânico – como reconhecer, escolher e consumir alimentos saudáveis*. Rio de Janeiro: Centro de Inteligência em Orgânicos.

FAO - Food and Agriculture Organization. (2021). *The World of Organic Agriculture 2021*. Recuperado em 12 de abril de 2022, de https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1378841/

Fernandes, M. C. A., Leite, E. C. B.; & Moreira, V. E. (2008). *Defensivos alternativos*. Niterói: Programa Rio Rural.

Fernandes, M. E. S., Fernandes, F. L., Assunção, N. S., Oliveira, J. C., Raposo, T. P.; & Picanço, M. C. (2018). Manejo de pragas. In Nick, C.; Silva, D. J. H.; & Borém, A. (Eds.). *Tomate do plantio à colheita*. Viçosa: UFV.

Fonseca, M. F. A. C. (2009). *Agricultura orgânica: regulamentos técnicos para acesso aos mercados dos produtos orgânicos no Brasil*. Niterói: PESAGRO.

Filgueira, F. A. R. (2013). *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: UFV.

Fontes, P. C. R.; & Nick, C. (2019). *Olericultura teoria e prática*. Viçosa: UFV.

Gomes, S. M. B. (2020). *Agricultura orgânica e familiar no Rio de Janeiro: desafios e potencialidades do Circuito Carioca de Feiras Orgânicas*. Monografia, UFF, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.

Kamiyama, A. (2017). *Produto orgânico – vamos falar sobre a comercialização?*. Rio de Janeiro: Centro de Inteligência em Orgânicos.

Leal, M. A. A. (2006). *Produção de tomate orgânico: sistema PESAGRO-RIO*. Niterói: PESAGRO.

Lima, S. K., Galiza, M., Valadares, A.; & Alves, F. (2020). *Produção e consumo de produtos orgânicos no mundo e no Brasil.* Brasília: IPEA.

Lopes, U. P.; & Costa, H. (2018). Manejo de doenças. In Nick, C., Silva, D. J. H.; & Borém, A. (Eds.). *Tomate do plantio à colheita.* Viçosa: UFV.

Macedo, J. R., Gouveia, R. F.; & Bhering, S. B. (2013). Recomendações de adubos, corretivos e de manejo da matéria orgânica para as principais culturas do Estado do Rio de janeiro: Tomate (*Solanum lycopersicum* L.). In Freire, L. R. (Org.). *Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro.* Seropédica: Editora Universidade Rural.

Marouelli, W. A., Silva, H. R., Silva; & W. L. C. (2012). Irrigação do tomateiro para processamento. *Circular Técnica*, 102, 1-24.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009). Instrução Normativa Nº 19, de 28 de maio de 2009. Brasília. Recuperado em 11 de fevereiro de 2022, de https://bityli.com/QmUOe

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2021). *Portaria nº 52, de 15 de março de 2021*. Brasília. Recuperado em 11 de fevereiro de 2022, de https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-52-de-15-de-marco-de-2021-310003720

Mascarin, G. M.; & Pauli, G. (2010). Bioprodutos à base de fungos entomapatogênicos. In: Venzon, M., Paula Júnior, T. J.; & Pallini, A. (Orgs.). *Controle Alternativo de pragas e doenças na agricultura orgânica.* Viçosa: EPAMIG.

Melo, J. C., Santos, C. A., Fernandes, M. C. A.; & Carmo, M. G. F. (2019). Caldas alternativas e fungicidas no controle da mancha-de-estenfílio do tomateiro. *Agrarian*, 12, 16-23.

Morales, R. G. F.; & Santos, A. H. (2019). Manejo de plantas e do cultivo para produção orgânica. In Morales, R. G. F. (Org.). *Tomatorg: Sistema Orgânico de Produção de Tomates em Santa Catarina.* Florianópolis: EPAGRI.

Morales, R. G. F., Schallenberg, E.; & Cantú, R. R. (2019). Cultivo do tomateiro em abrigos. In Morales, R. G. F. (Org.). *Tomatorg: Sistema Orgânico de Produção de Tomates em Santa Catarina.* Florianópolis: EPAGRI.

Nick, C.; & Silva, D. J. H. (2018). A cultura. In Nick, C., Silva, D. J. H.; & Borém, A. (Eds.). *Tomate do plantio à colheita.* Viçosa: UFV.

ORGANIS - Conselho Brasileiro da Produção Orgânica e Sustentável. (2017). *Consumo de produtos orgânicos no Brasil: primeira pesquisa nacional sobre o consumo de orgânicos.* Recuperado em 10 de novembro de 2021, de https://bityli.com/OccOsX

ORGANIS - Conselho Brasileiro da Produção Orgânica e Sustentável. (2019). *Panorama do consumo de orgânicos no Brasil: 2019*. Recuperado em 10 de outubro de 2021, de https://organis.org.br/pesquisa-consumidor-organico-2019/

Reis Júnior, J. R., Toledo, M. V., Sandri, D. M., & Silva; J. C. B. V. (2017). *Defensivos alternativos – Recomendações práticas para a transição agroecológica*. Curitiba: Instituto Emater.

Rocha, M. C. (2008). *Variabilidade fenotípica de acessos de tomate cereja sob manejo orgânico: características agronômicas, físico-químicas e sensoriais*. Tese, UFRRJ, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

Santos, C. A., Carmo, M. G. F.; & Abboud, A. C. S. (2016). Novo nicho tomate cereja orgânico. *Revista Campo; Negócios HF*, 137, 16 – 20.

Santos, C. A., Diniz, C. S., & Carmo, M. G. F. (2017). Manejo detalhado do tomate orgânico. *Revista Campo; Negócios HF*, 149, 5 – 8.

Santos, C. A., Diniz, C. S.; & Carmo, M. G. F. (2018a). Produção de mudas de tomate o que há de novo. *Revista Campo; Negócios HF*, 162, 10 – 11.

Santos, C. A., Ribeiro, S. A.; & Carmo, M. G. F. (2018b). Tomate de mesa como agregar valor na comercialização. *Revista Campo; Negócios HF*, 162, 20 – 23.

Santos, C. A., Abboud, A. C. S.; & Carmo, M. G. F. (2019). Orgânicos: Cores e Sabores à mesa. *A Lavoura*, 723, 24 – 29.

Santos, C. A., Abboud, A. C. S.; & Carmo, M. G. F. (2021). Biofumigation with species of the Brassicaceae family: a review. *Ciência Rural*, 51, 1-17. DOI: 10.1590/0103-8478cr2020040

Sartori, V. C., Ribeiro; R. T. S., Scur, S., Pansera, M. R., Rupp, L. C. D.; & Venturin, L. (2011). *Adubação verde e compostagem: estratégias de manejo do solo para conservação das águas*. Caxias do Sul: Educs.

Severino, L. S., Auld, D. L., Baldanzi, M., Cândido, M. J., Chen, G., Crosby, W., ...; Zieler, H. (2012). A review on the challenges for increased production of castor. *Agronomy Journal*, 104(4), 853-880. DOI: 10.2134/agronj2011.0210.

Siqueira, A. P. P.; & Siqueira, M. F. B. (2013) *Bokashi: adubo orgânico fermentado*. Niterói: Niterói: Programa Rio Rural.

Souza, J. L. (2010). Sistema orgânico de produção de tomate. In *Tomate*. Vitória: INCAPER.

Souza, J. L.; & Resende, P. (2003). *Manual de horticultura orgânica*. Viçosa: Aprenda Fácil.

Tivelli, S. W. (2015). *Como produzir tomate orgânico*?. Rio de Janeiro: Centro de Inteligência em Orgânicos.

Vasconcelos, D., Silva, P. F.; & Morales, R. G. F. (2019). Regulamentação para a produção orgânica de tomates. In Morales, R. G. F. (Org.). *Tomatorg: Sistema Orgânico de Produção de Tomates em Santa Catarina*. Florianópolis: EPAGRI.

Vilckas, M.; & Nantes, J. F. D. (2007). Agregação de valor: uma alternativa para a expansão do mercado de alimentos orgânicos. *Organizações Rurais; Agroindustriais*, 9(1), 26-37.

Capítulo 18

Produção de Brássicas na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro[1]

Recebido em: 15/06/2022
Aceito em: 20/06/2022
10.46420/9786581460419cap18

Leandro Freitas Pereira[2]
Carlos Antônio dos Santos[2*]
Júlio César Ribeiro[3]
Laura Carine Candido Diniz Cruz[2]
Nelson Moura Brasil do Amaral Sobrinho[3]
Margarida Goréte Ferreira do Carmo[2]

INTRODUÇÃO

A Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro (RSA-RJ) possui características edafoclimáticas favoráveis ao cultivo das mais variadas espécies de hortaliças e se localiza relativamente próxima a grande mercado da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (IBGE, 2017; EMATER, 2020a, b). Dentre as diferentes hortaliças produzidas, merecem destaque as brássicas, assim chamadas por serem espécies pertencentes à família botânica Brassicaceae. Dentre as brássicas mais cultivadas e comercializadas nesta região estão as couves, da espécie *Brassica oleracea,* que são classificadas a nível infra específico em quatro variedades botânicas: couve-flor (*B. oleracea* var. *botrytis*), brócolis (*B. oleracea* var. *italica*), repolho (*B. oleracea* var. *capitata*) e couve-comum (*B. oleracea* var. *acephala*) (Melo et al., 2017). Estimativas apontam a colheita de mais de 105 mil toneladas de hortaliças do grupo das brássicas na RSA-RJ no ano de 2020, provendo um faturamento bruto de mais de 169 milhões de reais (EMATER-RJ, 2020a). Dentre os principais municípios produtores, destacam-se Nova Friburgo e Teresópolis com as maiores colaborações nesta produção (EMATER-RJ, 2020a, b; CEASA-RJ, 2021).

Além da grande importância econômica, as brássicas têm grande importância social, para produtores e consumidores. O seu cultivo e comercialização são grandes geradores de empregos e de renda, com ênfase na agricultura familiar, uma vez que, o cultivo destas espécies está fortemente relacionado a este segmento (May et al., 2007; Santos, 2020). As hortaliças deste grupo são excelentes fontes de nutrientes para população principalmente de sais minerais, antioxidantes como as vitaminas A, B, C e K, e carotenóides (Freire et al., 2003; Domínguez-Perles et al., 2014).

[1] Parte do Trabalho de Conclusão de Curso do primeiro autor.
[2] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia.
[3] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Instituto de Agronomia, Departamento de Solos.
[*] Autor correspondente: carlosantoniokds@gmail.com

Para o cultivo de brássicas são requeridas condições climáticas específicas, com temperaturas amenas a frias, na faixa de 14 a 20°C (May et al., 2007; Filgueira, 2008). Este requerimento de baixas temperaturas explica a tradição e a concentração de cultivos destas espécies na RSA-RJ, tendo em vista as condições de baixas temperaturas no inverno e amenas no verão (Grisel; Assis, 2012). Outro ponto a ser ressaltado na produção de brássicas, é o atendimento às exigências nutricionais de cada uma destas culturas. De forma geral, são exigentes em fertilidade do solo, especialmente a couve-flor, e eficientes na extração e acumulação de nutrientes (Lima et al., 2018). Melhor desempenho nos cultivos são obtidos em solos com pH próximo a 6,5 e alta saturação por bases (V%= 80%), altos teores de cálcio e magnésio ($Ca^{2+} + Mg^{2+} \geq 3{,}0$ $cmol_c$ dm^{-3}) e disponibilidade adequada de micronutrientes como molibdênio (Mo) e boro (B). Ressalta-se, ainda, que as plantas de brássicas são sensíveis ao alumínio tóxico (Al^{3+}) (May et al., 2007; Bhering, 2017).

A produção de brássicas na RSA-RJ destina-se ao abastecimento do mercado local e, principalmente, da região metropolitana do Rio de Janeiro, além de parte da região Sudeste do Brasil. A RSA-RJ pode ser considerada uma parte importante do cinturão verde da capital e um importante polo econômico do Estado do Rio de Janeiro (CEASA-RJ, 2015; Bhering, 2017; Santos, 2020), sendo grande parte da produção comercializada nas Centrais de Abastecimento do Estado (CEASA-RJ).

O modelo de agricultura praticado em áreas montanhosas de regiões tropicais, como a RSA-RJ, muitas vezes é inadequado para as condições locais de clima e relevo, e apresenta problemas e desafios a serem superados. Dentre estes, estão problemas de conservação de solo, baixa diversidade vegetal e especialização de cultivos de uma ou poucas espécies de interesse comercial, além de elevado aporte de agroquímicos e ocorrência de problemas fitossanitários (Santos & Carmo, 2020). O cultivo intensivo e sequencial de brássicas nas mesmas áreas tem aumentado consideravelmente a ocorrência de doenças causadas por fitopatógenos habitantes do solo. Dentre estas, a hérnia das crucíferas, doença radicular de difícil controle, causada por *Plasmodiophora brassicae* Woronin, que está amplamente disseminada nas áreas de cultivo na RSA-RJ e em várias outras regiões do mundo (Bhering et al., 2017; Santos, 2020; Santos, Carmo & Ribeiro, 2020).

O cultivo intensivo de brássicas, assim como de outras hortaliças na RSA-RJ tem favorecido a contaminação dos alimentos produzidos, elevando-se os riscos e impactos ambientais. Estudos recentes realizados na região apontam o uso massivo de fertilizantes minerais e orgânicos, destacando-se a cama de aviário, além de outros agroquímicos. Estes insumos, ao serem aplicados massivamente e sem adoção de critérios técnicos, elevam os custos de produção e podem provocar impactos na qualidade do solo e das hortaliças produzidas (Matos, 2016; Ribeiro, 2019; Sousa et al., 2020; Santos et al., 2021a).

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo atualizar as informações, tendo como base as últimas pesquisas com culturas de brássicas, assim como relatar dados recentes sobre importância econômica e sistemas de produção adotados na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado tendo como base as informações constantes na literatura e em consultas em bases de dados econômicos e de produção. Para isso, realizou-se a busca de trabalhos científicos publicados na biblioteca digital da SciELO, no Periódicos da Capes, Google Acadêmico, Scopus e no Sistema de Publicação Eletrônica de Teses e Dissertações (TEDE). Foram consultados também livros, documentos técnicos, publicações de Instituições de pesquisa, Portais do Governo Federal, Estadual e Municipal, além de resultados obtidos pela equipe da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). A seleção das espécies de brássicas foi baseada no Acompanhamento Sistemático da Produção Agrícola realizado anualmente pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio de Janeiro (EMATER-RJ) referente ao ano de 2020 para a Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Importância econômica e social das brássicas

As brássicas constituem um conjunto de espécies da família Brassicaceae de grande importância econômica, social e nutricional. São largamente utilizadas na alimentação humana e animal e na produção de óleos comestíveis e industriais (Santos, 2020). No Brasil, o cultivo de brássicas tem se destacado nos últimos anos como uma atividade econômica estratégica para o desenvolvimento de algumas regiões. Como o ciclo dessas culturas é relativamente curto, sua cadeia produtiva pode trazer retornos financeiros rápidos, além de gerar empregos formais e informais, favorecendo o desenvolvimento econômico, social e regional (Filgueira, 2008; Trani et al., 2015; Melo et al., 2017).

No tocante ao cenário nacional destacam-se as produções de couve-flor, brócolis, couve-comum e repolho. A produção de couve-flor gira em torno de 140.227 t anuais e concentra-se, principalmente, nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Minas Gerais (IBGE, 2017). A produção anual de brócolis gira em torno de 150.017 t, e está localizada principalmente nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro e Paraná. A produção de couve-comum gira em torno de 161.986 t anuais e concentra-se principalmente nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (IBGE, 2017). A produção de repolho gira em torno de 467,622 t anuais, ocorrendo de forma predominante na região Sudeste e Sul do país (IBGE, 2017; Melo, 2020).

Aspectos sobre o cultivo e produção de hortaliças na Região Serrana do Rio de Janeiro

O Estado do Rio de Janeiro apresenta elevado destaque na produção de hortaliças, especialmente das pertencentes ao grupo das brassicáceas (IBGE, 2017; CEPERJ, 2019; EMATER-RJ, 2021). Tanto as brássicas como várias outras hortaliças têm sido cultivadas de forma intensiva na Região Serrana (RSA-

RJ) e, principalmente, em pequenas unidades familiares garantindo-lhes renda e fixação no campo (Santos, 2020).

A Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio de Janeiro (EMATER-RJ) considera a divisão do Estado do Rio de Janeiro em oito grandes Regiões, assim conhecidas: Baixada Litorânea, Centro Sul, Costa Verde, Médio Paraíba, Metropolitana, Noroeste, Norte, e Região Serrana (RSA-RJ). Esta última é composta pelos municípios de Bom Jardim, Cantagalo, Carmo, Cordeiro, Duas Barras, Macuco, Nova Friburgo, Santa Maria Madalena, São José do Vale do Rio Preto, São Sebastião do Alto, Sapucaia, Sumidouro, Teresópolis e Trajano de Morais (EMATER-RJ, 2020b; EMATER-RJ, 2021). Desde o ano de 2018, o município de Petrópolis migrou da RSA-RJ para a Região Metropolitana (CEPERJ, 2019). Trata-se de um dos grandes municípios produtores de hortaliças do Estado do Rio de Janeiro, destacando-se pela produção de couve-comum e brócolis (EMATER-RJ, 2020a). Em função das características locais de agricultura de montanha e da sua importância para a produção de brássicas, neste estudo, o município de Petrópolis foi abordado em conjunto aos municípios integrantes da RSA-RJ.

O clima da RSA-RJ é caracterizado como subtropical de altitude, com predomínio de temperaturas amenas e que variam de 16 a 27°C. Na região, a média anual de temperaturas é de 18,8°C, sendo fevereiro o mês mais quente e julho o mês mais frio. No tocante a precipitação, observa-se na região valores entre 1300 e 1800 mm por ano, com chuvas concentradas entre os meses de setembro a abril, e com baixa concentração entre os meses de maio a agosto (Grisel; Assis, 2012).

Os solos da RSA-RJ são caracterizados, em sua maioria, como ácidos e de relevo declivoso. A declividade acentuada é um fator relevante no favorecimento dos processos erosivos e de acumulação de materiais nas áreas de baixada, principalmente quando aliado a práticas inadequadas de manejo e ao uso excessivo de fertilizantes minerais e orgânicos sem critérios técnicos (Grisel; Assis, 2015; Matos, 2016; Bhering et al., 2017; Lima et al., 2018; Ribeiro, 2019; Santos, 2020).

As condições climáticas da RSA-RJ são consideradas propícias ao cultivo das mais variadas espécies de hortaliças, principalmente daquelas exigentes em temperaturas amenas. As temperaturas baixas no inverno e amenas no verão permitem a realização de vários ciclos de cultivos de hortaliças ao longo do ano (Grisel; Assis, 2012; Bhering et al., 2017; EMATER-RJ, 2020a, b; Santos, 2020).

Dados da Avaliação Sistemática da Produção Agrícola (ASPA) de 2020, realizada pela EMATER-RJ, indicam que a RSA-RJ registrou uma produção de 483.481,46 t de produção colhida de hortaliças diversas (abóbora, abobrinha, agrião, alface, alho-poró, batata doce, batata, berinjela, bertalha, beterraba, brócolis, cebolinha, cenoura, chuchu, coentro, couve-flor, couve, ervilha, espinafre, inhame, jiló, maxixe, nabo, pepino, pimentão, quiabo, repolho, rúcula, salsa, tomate, tomate cereja, vagem francesa e vagem). Esta produção, em sua totalidade, gerou um faturamento bruto anual de aproximadamente R$ 612.138.044,00 no ano de 2020. Dentre os municípios responsáveis pelos maiores faturamentos brutos na comercialização de hortaliças na RSA-RJ, em ordem decrescente, estão os municípios de Teresópolis, Sumidouro, Nova Friburgo, São José do Vale do Rio Preto, Bom Jardim, São Sebastião do Alto, Trajano

de Morais, Sapucaia, Duas Barras, Carmo, Cordeiro, Cantagalo, Macuco e Santa Maria Madalena (EMATER-RJ, 2020a, b; EMATER-RJ, 2021).

Produção de brássicas na Região Serrana do Rio de Janeiro

A produção de brássicas na RSA-RJ é expressiva e envolve hortaliças como a couve-flor, brócolis, couve-comum, repolho, rúcula, agrião e nabo. Na Tabela 1 são detalhados o número de produtores de brássicas situados na RSA-RJ e o volume da produção no ano de 2020 (EMATER-RJ, 2020b). Ressaltam-se os municípios de Teresópolis, Nova Friburgo e Sumidouro pela quantidade de produtores envolvidos e pelo volume da produção colhida, expressa em toneladas. O município de Petrópolis, localizado na Região Metropolitana, destaca-se pela produção de brócolis, couve-comum, agrião, couve-flor, nabo, repolho e rúcula, oriunda de cerca de 365 unidades produtivas ou produtores. No ano de 2020 foi registrada a colheita e comercialização de 2.043 t (EMATER-RJ, 2020b) (Tabela 1).

Tabela 1. Número de produtores e volume de produção colhida em municípios produtores de brássicas da Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro (RSA-RJ) e no município de Petrópolis. Fonte: Adaptado de EMATER-RJ (2020b).

Município	**Número de Produtores**	**Volume colhido (t)**
Bom Jardim	441	7.685
Duas Barras	43	2.308,5
Nova Friburgo	1.267	29.763,13
São José do Vale do Rio Preto	469	5.710
Sumidouro	854	19.044,8
Teresópolis	1.307	36.568,5
Trajano de Morais	156	3.676,4
Total (RSA-RJ)	**4.537**	**104.756,33**
Petrópolis	365	2.043,0

A RSA-RJ tem papel de destaque como provedora de couve-comum, brócolis, couve-flor, repolho e rúcula no Estado do Rio de Janeiro, assim como, no cenário nacional. De acordo com dados da EMATER-RJ (2020b) foram produzidas na RSA-RJ aproximadamente 28.432 t de couve-comum, 28.328 t de couve-flor, 25.158 t de brócolis, 25.159 t de repolho, e 1.887 t de rúcula no ano de 2020. A área colhida com brócolis, couve-comum, couve-flor, nabo, repolho e rúcula somam, aproximadamente 3.315 ha, cerca de 105.102,83 t de volume colhido e comercializado, o que representa um faturamento bruto de R$ 169.437.001,00 (EMATER, 2020b).

Nas Tabelas a seguir podem ser visualizados dados referentes ao volume produzido e colhido (t), área colhida (ha) e produtividade média (t ha^{-1}) das principais culturas de brássicas plantadas na RSA-RJ no ano de 2020, a saber: couve-flor (Tabela 2), brócolis (Tabela 3), couve-comum (Tabela 4) e repolho (Tabela 5). Os dados referentes à produção destas culturas no município de Petrópolis, localizado na Região Metropolitana, também são mostrados nestas respectivas tabelas.

Tabela 2. Produção (t), área colhida (ha) e produtividade (t ha^{-1}) de couve-flor no ano de 2020 referente aos municípios produtores da Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro (RSA-RJ) e ao município de Petrópolis. Fonte: Adaptado de EMATER-RJ (2020b).

Município	**Produção(t)**	**Área colhida (ha)**	**Produtividade (t ha^{-1})**
Bom Jardim	2.600	104	25
Duas Barras	137,5	6,8	20,22
Nova Friburgo	16.456,15	492,5	33,41
São José do Vale do Rio Preto	4.180	209	20
Sapucaia	910	26	35
Sumidouro	1.745,8	71	24,59
Teresópolis	1.297	32,98	39,33
Trajano de Morais	1.002,4	41,8	23,98
Total (RSA-RJ)	**28.328,85**	**984,08**	**Média = 27,69**
Petrópolis	198,0	9,90	20,00

Tabela 3. Produção (t), área colhida (ha) e produtividade (t ha^{-1}) de brócolis no ano de 2020 referente aos municípios produtores da Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro (RSA-RJ) e ao município de Petrópolis. Fonte: Adaptado de EMATER-RJ (2020b).

Município	**Produção (t)**	**Área colhida (ha)**	**Produtividade (t ha^{-1})**
Bom Jardim	5.085	106	47,97
Duas Barras	2.171	52,7	41,2
Nova Friburgo	2.367,38	52,3	45,27
São José do Vale do Rio Preto	1.530	25,5	60
Sapucaia	2.204	38	58
Sumidouro	7.236	227	31,88
Teresópolis	1.891	41,2	45,9
Trajano de Morais	2.674	60,2	44,42
Total (RSA-RJ)	**25.158,38**	**602,9**	**Média = 46,83**
Petrópolis	610,00	23,40	26,07

Tabela 4. Produção (t), área colhida (ha) e produtividade (t ha^{-1}) de couve-comum no ano de 2020 referente aos municípios produtores da Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro (RSA-RJ) e ao município de Petrópolis. Fonte: Adaptado de EMATER-RJ (2020b).

Município	**Produção (t)**	**Área colhida (ha)**	**Produtividade (t ha^{-1})**
Sumidouro	7.250	172	42,15
Teresópolis	21.182	352,9	60,02
Total (RSA-RJ)	**28.432**	**524,9**	**Média = 51,08**
Petrópolis	744,0	24,10	30,87

Tabela 5. Produção (t), área colhida (ha) e produtividade (t ha^{-1}) de repolho no ano de 2020 referente aos municípios produtores da Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro (RSA-RJ) e ao município de Petrópolis. Fonte: Adaptado de EMATER-RJ (2020b).

Município	**Produção colhida (t)**	**Área colhida (ha)**	**Produtividade (t ha^{-1})**
Nova Friburgo	10.802,1	645,8	16,73
Sumidouro	1.565	81	19,32
Teresópolis	8.792	394,8	22,27
Total (RSA-RJ)	**21.159,1**	**1.121,6**	**Média = 19,44**
Petrópolis	231,0	7,20	32,08

RECOMENDAÇÕES BÁSICAS PARA O CULTIVO DE BRÁSSICAS, E MANEJO ADOTADO NA REGIÃO SERRANA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

A produção comercial de brássicas exige cuidados como a escolha de cultivares adaptadas às condições climáticas locais e época de plantio, manejo adequado do solo e da cultura. As brássicas são sabidamente plantas exigentes em fertilidade do solo e pouco tolerantes a solos ácidos e com elevados teores de alumínio tóxico (Al^{3+}). Seu cultivo, em geral, requer solos férteis e com pH ≥ 6,5 (May et al., 2007; Filgueira, 2008; Kumar et al., 2014). No Brasil, os solos das principais áreas de produção de brássicas, inclusive os da RSA-RJ, são considerados ácidos, além de possuírem baixa concentração de nutrientes e de matéria orgânica (Bhering et al., 2017; Santos et al., 2017). Dessa forma, nestas condições, é indicado a realização da calagem e aplicação de fertilizantes orgânicos e/ou minerais conforme requerimento das culturas.

A realização de análise de fertilidade do solo periodicamente é essencial para uma correta recomendação de calagem e cálculo das quantidades a serem aplicadas de fertilizantes. Nas condições de cultivo de brássicas na RSA-RJ, a realização da calagem de forma regular é essencial devido à acidez natural dos solos da maioria das áreas cultivadas visando elevar os valores de pH e a saturação por bases

- V (%), prover cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}), além de neutralizar o Al^{+3} (Santos et al., 2021b). Ainda, ressalta-se que a elevação do pH pela calagem é uma das estratégias essenciais no manejo da cultura visando evitar ou reduzir as perdas causadas pela hérnia das crucíferas (*P. brassicae*), bem como, favorecer o crescimento do sistema radicular das plantas (Santos et al., 2017, 2021b). Recomendações para coleta de amostras de solo para determinação da fertilidade e recomendações de calagem e adubação de brássicas para o Estado do Rio de Janeiro são mostradas em Freire et al. (2013).

O correto manejo da fertilidade e do dimensionamento da aplicação de fertilizantes no cultivo de brássicas estimulam o desenvolvimento das plantas e contribuem diretamente para o aumento do diâmetro e da massa fresca das inflorescências de couve-flor e de brócolis, das "cabeças" de repolho e das folhas da couve-comum (Freire et al., 2013; Melo et al., 2017; Santos et al., 2020). As plantas de brássicas, no geral, são exigentes em nutrientes, principalmente em nitrogênio (N) e fósforo (P), seguido por cálcio (Ca), enxofre (S) e potássio (K). O boro (B) e molibdênio (Mo) são micronutrientes que também se destacam por sua importância, pois a deficiência destes causa anomalias fisiológicas, provocando alterações nas inflorescências e nas folhas, tornando o produto inviável ou com baixo valor comercial (Filgueira, 2008; Guerra et al., 2013).

No tocante a adubação, além da utilização dos adubos minerais, a adubação orgânica também é importante e contribui para respostas positivas das plantas e ganhos em produtividade (Melo, 2015; Trani et al., 2015). Na RSA-RJ, a cama de aviário é o principal adubo orgânico utilizado nas lavouras de brássicas em função do baixo custo e elevados teores de nutrientes. A utilização massiva deste resíduo, no entanto, requer cuidados tendo em vista a presença de metais tóxicos em sua composição que podem prejudicar a qualidade das hortaliças produzidas. O seu uso, portanto, necessita ser racionalizado (Matos, 2016; Bhering et al., 2017; Santos et al., 2021a; Santos et al., 2022).

A cultura da couve-flor (*B. oleracea* var. *botrytis*), especificamente, apresenta boa adaptação a solos com pH entre 6,0 e 6,8 e com ausência de Al^{+3}, devendo-se buscar uma saturação por bases acima de 80% (May et al., 2007; Filgueira, 2008). O N e P são os macronutrientes que proporcionam as maiores respostas da planta quanto à produtividade, embora sejam plantas exigentes também em Ca e S e K. A adubação orgânica na cultura é benéfica (Filgueira, 2008), no entanto, devem ser utilizados compostos orgânicos de boa procedência e bioestabilizados (Santos, 2020).

A escolha correta da cultivar para os cultivos de couve-flor é um dos itens chaves para o bom desempenho da cultura, em virtude dos efeitos da temperatura sobre o desenvolvimento da planta e produção de inflorescência. As plantas das cultivares de inverno se desenvolvem e produzem bem em períodos frios, com temperaturas variando de 14 a 20°C. As plantas das cultivares de verão produzem em temperaturas mais elevadas, não devendo ser plantadas sob condições de temperaturas abaixo de 20ºC. As mudas são transplantadas com cerca de 25 a 30 dias após a semeadura, quando apresentam de 6 a 10 cm de altura ou quando houver de 4 a 5 folhas verdadeiras. O espaçamento de plantio da couve-flor pode variar de 80 a 100 cm entre linhas e de 40 a 50 cm entre plantas, de acordo com a arquitetura

foliar da cultivar selecionada (May et al., 2007; Filgueira, 2008; Morais Junior et al., 2012; Santos et al., 2017; Oliveira et al., 2018).

O ciclo de colheita da couve-flor pode variar de 80 a 130 dias, de acordo com a cultivar selecionada. A colheita é realizada quando as inflorescências estão totalmente desenvolvidas, compactas e firmes, realizando-se o corte no colo da planta, deixando-se algumas folhas para a sua proteção durante o transporte até os centros de distribuição e/ou consumo (May et al., 2007).

No cultivo do brócoli (*B. oleracea* var. *italica*), devem ser considerados solos com boa disponibilidade de água e clima com temperaturas amenas. A adubação pode ser realizada tanto com fertilizantes minerais quanto orgânicos, desde que estes sejam de boa procedência. A espécie possui grande capacidade extratora de nutrientes do solo em curto período de tempo, sendo recomendado manter o pH do solo próximo a 6,5 com saturação por bases (V%) acima de 80%, sendo indicado realizar a adubação de forma parcelada. Nesta produção, também é importante garantir o fornecimento de boro (B) e molibdênio (Mo), os micronutrientes mais requeridos pela cultura (Lima et al., 2018; Santos et al., 2020). A produção de brócolis tem se mostrado vantajosa aos produtores devido ao seu alto valor agregado, no entanto, ainda é um desafio aumentar sua oferta no verão (Santos et al., 2020).

O espaçamento praticado nos cultivos de brócolis geralmente varia de 0,5 a 0,7 m entre linhas e de 0,5 a 0,8 m entre plantas, a depender da cultivar e do tipo do brócolis, americano (inflorescência única) ou ramoso (Melo, 2015). Na RSA-RJ tem sido observado como tendência o cultivo de brócolis com espaçamentos de 0,6 m entre linhas e 0,6 m entre plantas (Santos, 2020, 2021a, b). A colheita do brócolis é feita quando a inflorescência ou "cabeça" ou os ramos laterais apresentam botões florais bem desenvolvidos com coloração verde escuro e antes da abertura de suas flores amarelas (Melo, 2015).

O cultivo de repolho (*B. oleracea* var. *capitata*), por sua vez, apresenta boa produtividade tanto em solos argilosos quanto de textura média em uma faixa de pH de 5,5 a 6,8, e saturação por bases de 70%, e adequado o fornecimento dos micronutrientes B e Mo. Estes micronutrientes afetam tanto a formação quanto o fechamento das "cabeças" de repolho (Luz et al., 2002; Xavier, Santos et al., 2019).

O transplante das mudas do repolho deve ser feito quando estas apresentarem 4 a 6 folhas definitivas ou 10 a 15 cm de altura, o que deve acontecer entre 20 e 25 dias após a semeadura (Luz et al., 2002). O espaçamento entre plantas nos cultivos de repolho pode variar entre 0,70 a 0,80 m entre linhas e de 0,30 a 0,40 m entre plantas. No entanto, para boa produtividade e colheita de "cabeças" menores, que são as mais valorizadas pelo mercado, o espaçamento pode seguir o arranjamento em triângulo com 0,80 x 0,30 x 0,30 m. A colheita ocorre geralmente entre 80 e 100 dias após o transplante das mudas, quando as plantas apresentam "cabeças" bem formadas e compactas (Filgueira, 2008).

A couve-comum (*B. oleracea* var. *acephala*), apresenta boa produtividade em solos argilosos e com pH na faixa de 5,5 a 6,5 (Filgueira, 2008; Trani et al., 2015). É uma cultura que pode ser cultivada praticamente durante todo o ano em grande parte do Brasil. No entanto, em regiões mais quentes, a cultura apresenta melhor desempenho no período de outono-inverno (Santos et al., 2018). Para esta

cultura é recomendado elevação da saturação por bases a 80% e o teor de magnésio a um mínimo de 9 $mmol_c\ dm^{-3}$. Para realização da adubação orgânica, pode ser aplicado cerca de 20 a 40 t ha^{-1} de esterco bovino ou de 5 a 10 t ha^{-1} de cama de frango ou húmus de minhoca, 30 dias antes do transplantio das mudas (Trani et al., 2015).

A propagação da couve-comum pode ser realizada tanto por semente quanto por propagação vegetativa, utilizando-se as brotações laterais (Filgueira, 2008; Santos et al., 2018, 2020). Este segundo método, por sua vez, é o preferido pelos agricultores brasileiros, inclusive daqueles da RSA-RJ (Santos, 2020, 2022). O transplantio das mudas de couve-comum é usualmente feito considerando espaçamentos de 1,0 m entre linhas por 0,5 m entre plantas. Durante o ciclo da cultura, realizam-se retiradas semanais dos brotos laterais e remoção de folhas velhas para estímulo da emissão de novas folhas. Estas brotações laterais são aproveitadas para propagação de novas plantas (Filgueira, 2008; Trani et al., 2015).

O período de colheita da couve-comum inicia-se entre 50 e 60 dias após o transplantio, podendo se estender por período superior a um ano (Santos et al., 2022). Na ocasião das colheitas, a retirada das folhas deve ser realizada puxando-as para baixo sem deixar parte do pecíolo na haste. As colheitas são feitas quando as folhas apresentarem tamanho entre 25 e 30 cm de comprimento (Filgueira, 2008).

As brássicas, como a couve-flor, brócolis, repolho e couve-comum, são culturas bastante exigentes em água, devendo-se manter o solo sempre próximo à capacidade de campo. O sistema de irrigação mais eficiente para a maioria destas culturas é o sistema por gotejamento, pois além da aplicação localizada de água, é um sistema que facilita a aplicação de fertilizantes junto à água de irrigação (May et al., 2007). Apesar disso, nas lavouras da RSA-RJ observa-se um predomínio de irrigação por aspersão (Carvalho, 2016; Bhering, 2017; Santos et al., 2022).

Com relação à colheita das brássicas, o ideal é que sejam realizadas nos horários mais frescos do dia, evitando-se a ocorrência de danos que podem reduzir a qualidade do produto final e a conservação pós-colheita (Moretti et al., 2000). A maior parte dos produtores de brássicas da RSA-RJ comercializam sua produção por meio de intermediários, enquanto outra parcela da produção é comercializada de forma direta através de feiras livres (Gonçalves, 2019). A RSA-RJ dispõe da unidade Região Serrana da Central de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro (CEASA-RJ), localizada no município de Nova Friburgo. A unidade possui localização estratégica, recebendo boa parte da produção deste município e de localidades vizinhas, além de estar localizado próximo à Região Metropolitana da cidade do Rio de Janeiro que, historicamente, tem sido a principal compradora das hortaliças da Região Serrana. Com isso, a unidade atua como um importante ponto de apoio para agricultura da região, principalmente para o modelo de agricultura familiar, uma vez que, é este o modelo de agricultura que predomina na região, redirecionando os produtos para o mercado varejista (Grisel; Assis, 2012; CEASA-RJ, 2021).

CONCLUSÕES

A partir da contextualização apresentada, pode-se concluir que as brássicas, principalmente a couve-flor, brócolis, repolho, e couve-comum, apresentam acentuada relevância econômica para a RSA-RJ, assim como para várias outras regiões do Brasil e do Mundo, e garantem o sustento de muitos produtores familiares. São hortaliças de excelente qualidade nutricional e alta procura pelo mercado. A produção de brássicas no Brasil está concentrada em regiões de maiores altitudes, em função dos requerimentos climáticos destas espécies. Dentre as áreas de produção do Brasil, destaca-se a Região Serrana do Rio de Janeiro (RSA-RJ) como a maior produtora de brássicas do Estado do Rio de Janeiro e que também apresenta notória relevância no cenário produtivo nacional. A atividade agrícola desenvolvida na região contribui expressivamente para o desenvolvimento econômico regional e para o fortalecimento da agricultura familiar, gerando emprego e renda para todos os envolvidos na cadeia de produção e comercialização destes produtos. Nesta região, também são recorrentes problemas decorrentes do manejo intensivo adotado e das condições locais de clima e relevo. A produção de brássicas na RSA-RJ está sujeita a diferentes problemas, incluindo os de natureza fitossanitária. Dentre os problemas mais citados pelos produtores estão as perdas causadas pela hérnia das crucíferas, cujo controle requer um conjunto de medidas que poderiam ser otimizadas com a adoção de ações socioeducativas e políticas contextualizadas visando reduzir as perdas causadas pela doença. O uso racional de insumos, incluindo a aplicação de cama de aviário, também deve ser fomentado visando reduzir custos de produção e impactos ambientais e aumentar a qualidade destas hortaliças produzidas na região.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo apoio financeiro e concessão de bolsas de estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bhering, A. S. (2017). Hérnia das crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) em couve-flor (*Brassica oleracea* var. botrytis) e suas relações com o manejo do solo no município de Nova Friburgo, RJ. Tese, UFRRJ, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

Bhering, A. S., Carmo, M. G. F., Matos, T. S., Lima, E. S. A., & Amaral Sobrinho, N. M. B. (2017). Soil factors related to the severity of Clubroot in Rio de Janeiro, Brazil. Plant Disease, 101, 1345-1353. DOI: 0.1094/PDIS-07-16-1024-SR

Carvalho, E. S. (2016). Avaliação participativa da qualidade do solo e sanidade dos cultivos para o manejo integrado da hérnia das crucíferas em ambiente de montanha. Tese, UFRRJ, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

CEASA-RJ - Central de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro. (2015). Informativo de Marcado: Unidade Grande Rio: Informativo de Marcado Anual 2015. Recuperado em 17 de setembro de 2021, de http://www.ceasa.rj.gov.br/ceasa_portal/view/InformativoAnual2015.pdf

CEASA-RJ - Central de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro Unidades. (2021). Unidade Região Serrana (Nova Friburgo). Recuperado em 13 de setembro de 2021, de http://www.ceasa.rj.gov.br/ceasa_portal/view/unidade_novafriburgo.asp

CEPERJ - Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro Cartografia Fluminense. (2019). Mapa das Regiões de Governo e municípios do Estado do Rio de Janeiro. Recuperado em 13 de setembro de 2021, de https://www.ceperj.rj.gov.br/?page_id=258

Domínguez-Perles, R., Mena, P., Garcia-Viguera, C., & Moreno, D. A. (2014). Brassica foods as a dietary source of vitamin C: a review. Critical reviews in food science and nutrition, 54(8), 1076-1091. DOI: 10.1080/10408398.2011.626873

EMATER-RJ - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Rio de Janeiro. (2020a). Relatório de atividades. 2020a. Recuperado em 17 de novembro de 2021, de: http://www.emater.rj.gov.br/relatorioatividadecorr20.pdf.

EMATER-RJ - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Rio de Janeiro. (2020b). Acompanhamento Sistemático da Produção Agrícola-ASPA. Recuperado em 14 de agosto de 2021, de http://www.emater.rj.gov.br/images/municcorr2020.htm

EMATER-RJ - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Rio de Janeiro. (2021). Atribuições. 2021. Recuperado em 14 de agosto de 2021, de http://www.emater.rj.gov.br/atribuicoes.asp

Filgueira, F. A. R. (2008). Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia Moderna na Produção e Comercialização de Hortaliças. Viçosa: Editora UFV.

Freire, M. F I., Morra, M. J., & Knudsen, G. R. (2003). Atividade antifúngica de substâncias voláteis presentes em *Brassica napus* sobre o crescimento micelial de *Fusarium oxysporum*. Revista Brasileira de Farmácia, 84(3), 97-99.

Freire, L. R., Campos, D. V. B., Anjos, L. H. C., Zonta, E., Pereira, M. G., Bloise, R. M., Moreira, G. N. C., & Eira, P. A. (2013). Análise química de amostras de terra. In Freire, L. R. (Org.) Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro. Seropédica: EDUR.

Gonçalves, R. G. M. (2019). Fatores de transferência de metais pesados do solo para plantas de couve manteiga (Brassica oleracea var. acephala) cultivadas na microbacia do Rio Jacó, Petrópolis – RJ. Dissertação, UFRRJ, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

Grisel, P. N., & Assis, R. L. (2012). Adoção de práticas agrícolas sustentáveis: Estudo de caso de um sistema de produção hortícola familiar em ambiente de montanha. Cadernos de Ciência & Tecnologia, 29(1), 133-158.

Grisel, P. N.; & Assis, R. N. (2015). Dinâmica agrária da Região Sudoeste do município de Nova Friburgo e os atuais desafios de sua produção hortícola familiar. Seropédica: Embrapa Agrobiologia.

Guerra, J. G. M., Leal, M. A. A., & Ferreira, M. B. C. (2013). Recomendações de adubos, corretivos e de manejo da matéria orgânica para as principais culturas do Estado do Rio de janeiro: Brócolos, couve, couve-flor e repolho. In Freire, L. R. (Org.). Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro. Seropédica: EDUR.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017). Censo agropecuário. Recuperado em 17 de novembro de 2021, de https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6953#

Kumar, A., Choudhar, A. K., & Rahi, S. (2014). Scientific cultivation of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*). In Choudhary, A. K., Rana, K. S., Dass, A., & Srivastav, M. Advances in vegetable agronomy. New Delhi: IARI.

Lima, J. O., Santos, C. A., & Carmo, M. G. F. (2018). Manejo detalhado da produção de brócolis americano. Revista Campo & Negócios HF, 161, 8 – 9.

Luz, F. J. F., Saboya, R. C. C., & Pereira, P. R. V. S. (2002). O cultivo do repolho em Roraima. Circular Técnica, 7, 1-19, 2002.

Matos, T. S. (2016). Fatores de transferência de elementos-traço do solo para plantas de couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) no município de Nova Friburgo-RJ. Tese, UFRRJ, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

May, A.; Tivelli, S.; Vargas, P.; Samra, A. G.; Sacconi, L. V.; & Pinheiro, M. Q. (2007). A cultura da couve-flor. Campinas: IAC.

Melo, R. A. C. (2015). A cultura dos brócolis. Brasília: Embrapa.

Melo, R. A. C., Vendrame, L. P. C., Madeira, N. R., Blind, A. D., & Vilela, N. J. (2017). Caracterização e diagnóstico da cadeia produtiva de brássicas nas principais regiões produtoras brasileiras. Brasília: Embrapa.

Melo, R. A. C. (2020). Qual o panorama nacional da produção de repolho?. Revista Campo e Negócios online. Recuperado em 5 de setembro de 2021, de https://revistacampoenegocios.com.br/qual-o-panorama-nacional-da-producao-de-repolho/

Morais Junior, O. P. M., Cardoso, A. F., Leão, E. F., & Peixoto, N. (2012). Desempenho de cultivares de couve-flor de verão em Ipameri. Ciência Rural, 42, 1923-1928. DOI: 10.1590/S0103-84782012005000085

Moretti, C. L., Carnelossi, M. A. G., Silva, E. O., & Puschmann, R. (2000). Processamento mínimo de couve. Comunicado Técnico, 13, 1-4, 2000.

Oliveira, F. A., Santos, C. A., Costa, E. S. P., Goulart, R. G. T., Andrade, N. F., Diniz, C. S., & Carmo, M. G. F. (2018). Desempenho de híbridos de couve-flor nas condições da Baixada Fluminense – RJ. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, 8(1), 30-36. DOI: 10.21206/rbas.v8i1.470

Ribeiro, J. C. (2019). Metais pesados no solo e em hortaliças de folhas cultivadas no município de Nova Friburgo-RJ. Tese, UFRRJ, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

Santos, C. A., Amaral Sobrinho, N. M. B., Costa, E. S. P., Diniz, C. S., & Carmo, M. G. F. (2017). Liming and biofungicide for the control of clubroot in cauliflower. Pesquisa Agropecuária Tropical, 47, 303-311. DOI: 10.1590/1983-40632016v4746936

Santos, C. A.; Costa, E. S. P.; & Carmo, M. G. F. (2018). Passo a passo sobre a produção de mudas de couve. Revista Campo & Negocios HF, 154, p. 36 – 38.

Santos, C. A. (2020). Produção de brássicas na Região Serrana do Rio de Janeiro: Relação entre atributos de solo, práticas de manejo, hérnia das crucíferas e contaminação por metais. Tese, UFRRJ, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

Santos, C. A., & Carmo, M. G. F. (2020). Brássicas manejo de doenças é urgente. Revista Campo & Negócios HF, 175, 42-43, 2020.

Santos, C. A.; Carmo, M. G. F.; & Ribeiro, J. C. (2020). Brócolis: dobra produção em duas décadas. Anuário HF 2020, v. 9, 36-38.

Santos, C. A., Amaral Sobrinho, N. M. B., Gonçalves, R. G. M., Costa, T. G. A., & Carmo, M. G. F. (2021a). Toxic metals in broccoli by combined use of acidity correctives and poultry litter under mountain tropical conditions. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 80, 507-518. DOI: 10.1007/s00244-021-00817-3

Santos, C. A., Amaral Sobrinho, N. M. B., & Carmo, M. G. F. (2021b). Recomendações de manejo visando o controle da hérnia das crucíferas. Informe Técnico, 1(2), 1-20. DOI: 10.29327/837780.1-2

Santos, C. A., Amaral Sobrinho, N. M. B., Lima, E. S. A., & Carmo, M. G. F. (2022). Severity of clubroot in kale as related to management practices and soil attributes. Ciência Rural, 52(8), 0214, 2022. DOI: 10.1590/0103-8478cr20210214

Sousa, F. F., Carmo, M. G. F., Lima, E. S. A., Souza, C. C. B., & Amaral Sobrinho, N. M. B. (2020). Lead and cadmium transfer factors and the contamination of tomato fruits (*Solanum lycopersicum*) in a tropical mountain agroecosystem. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 105, 325-331. DOI: 10.1007/s00128-020-02930-w

Trani, P. E., Tivelli, S. W., & Blat, S. F. (2015). Couve de folha: do plantio à pós-colheita. Campinas: IAC.

Xavier, M. C. G., Santos, C. A., Costa, E. S. P., & Carmo, M. G. F. (2019). Produtividade de repolho em função de doses de bokashi. Revista de Agricultura Neotropical, 6(1), 17-22. DOI: 10.32404/rean.v6i1.2372

Índice Remissivo

A

Agricultura 4.0, 91, 92
Altura de plantas, 83
Asteraceae, 134
Azospirillum brasilense, 19, 20, 21

B

Bacillus subtilis, 19, 20, 22, 23, 24
Boca a Boca, 192, 195
Bosque, 179, 180, 181, 183, 185, 186
Brassicaceae, 223, 226

C

CNC Flora, 69, 70
Compostagem, 8
Cryptococcus, 179, 180, 183, 185, 186

D

Densidade do solo, 120, 124

G

Germinação, 66
Gestão Ambiental, 197

I

Infraestrutura, 193

L

Londrina, 179, 180, 183, 186

M

Meio Ambiente, 200, 202
Microrganismos promotores de crescimento, 21, 23

N

Nordeste brasileiro, 115

P

pH, 8, 11, 12
Preço, 193

S

Senecio, 134, 135, 136, 137, 138, 139
Senecio brasiliensis, 136, 137, 138, 139
Solanaceae, 211, 216

T

Toxicidade, 138
Transporte, 193, 194, 196
Triticum aestivum L., 55

Sobre os organizadores

Alan Mario Zuffo

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós - Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 165 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 127 resumos simples/expandidos, 66 organizações de e-books, 45 capítulos de e-books. É editor chefe da Pantanal editora e revisor de 18 revistas nacionais e internacionais. Professor adjunto na UEMA em Balsas. Contato: alan_zuffo@hotmail.com.

Jorge González Aguilera

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil. Professor Visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Atualmente, possui 74 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 49 organizações de e-books, 37 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora e da Revista Agrária Acadêmica, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: j51173@yahoo.com, jorge.aguilera@ufms.br.

Pantanal Editora
Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)
https://www.editorapantanal.com.br
contato@editorapantanal.com.br