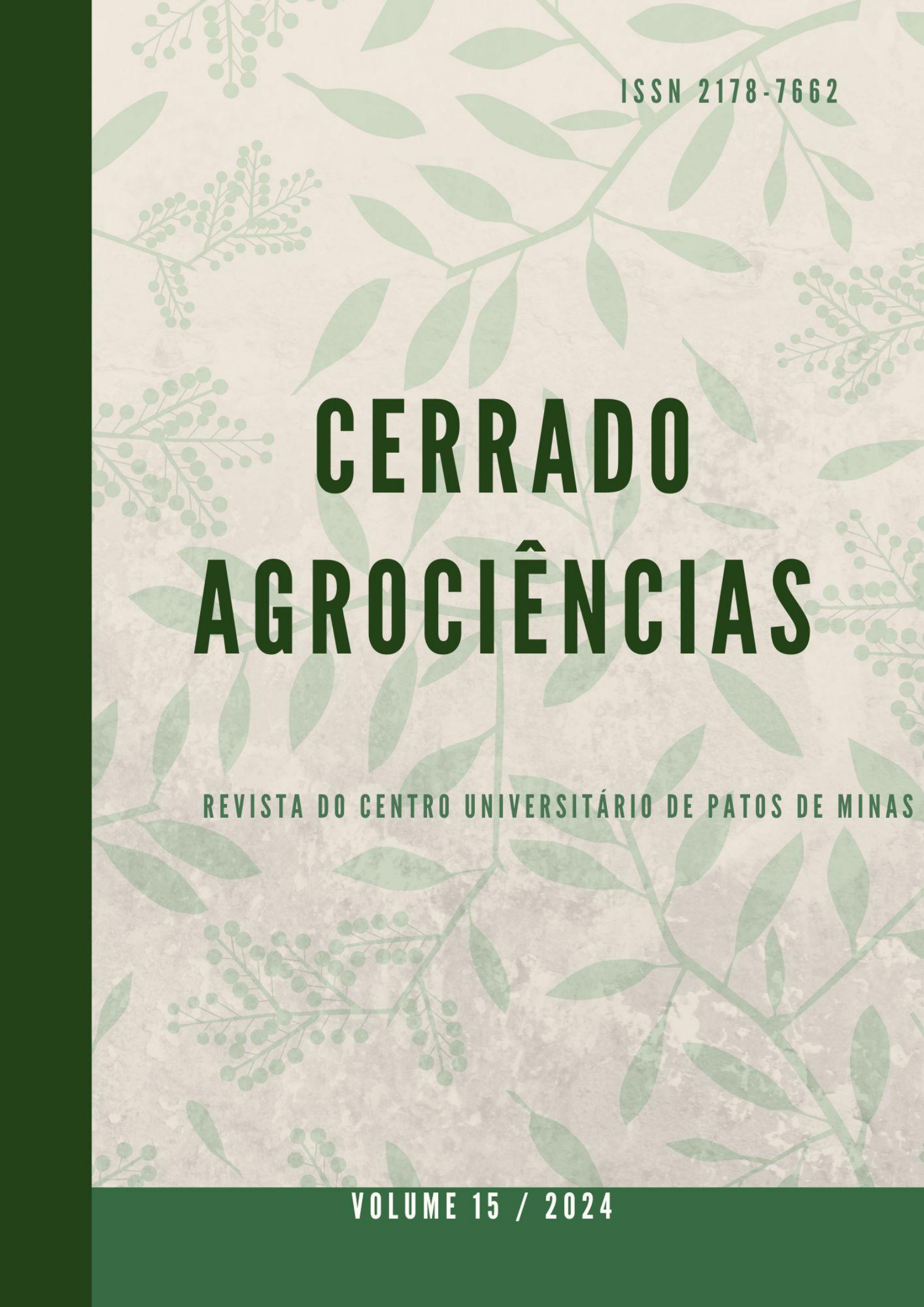




ISSN 2178-7662

CERRADO AGROCIÊNCIAS

REVISTA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO DE PATOS DE MINAS

VOLUME 15 / 2024



Revista do Centro Universitário de Patos de Minas

UNIPAM | Centro Universitário de Patos de Minas

Reitor

Henrique Carivaldo de Miranda Neto

Pró-reitora de Ensino, Pesquisa e Extensão

Maria Marta do Couto Pereira Rodrigues

Pró-reitor de Planejamento, Administração e Finanças

Pablo Fonseca da Cunha

Coordenadora de Extensão

Adriana de Lanna Malta Tredezini

Diretora de Graduação

Mônica Soares de Araújo Guimarães

Coordenador do Núcleo de Editoria e Publicações

Geovane Fernandes Caixeta

A revista **Cerrado Agrociências** é um periódico anual do Centro Universitário de Patos de Minas que visa publicar artigos científicos, revisões bibliográficas e notas científicas referentes às áreas de Ciências Agrárias, Meio Ambiente e áreas correlatas.

Catálogo na Fonte
Biblioteca Central do UNIPAM

C417 Cerrado Agrociências [recurso eletrônico] / Centro Universitário de Patos de Minas. – Dados eletrônicos. – N. 1 (2010)-. – Patos de Minas : UNIPAM, 2010-

Anual

Disponível em: <<https://revistas.unipam.edu.br>>

ISSN 2178-7662

1. Ciências agrárias – periódicos. 2. Meio ambiente. I. Centro Universitário de Patos Minas. II. Título.

CDD 630.5

Centro Universitário de Patos de Minas

Rua Major Gote, 808 - Caiçaras

38702-054 Patos de Minas - MG Brasil

Telefax: (34) 3823-0300 web: www.unipam.edu.br

NEP | Núcleo de Editoria e Publicações

Telefone: (34) 3823-0341

<http://nep.unipam.edu.br>

CERRADO AGROCIÊNCIAS

Revista do Centro Universitário de Patos de Minas

ISSN 2178-7662

Volume 15, 2024

Patos de Minas: Cerrado Agrociências, UNIPAM, v. 15: 1-118



Centro Universitário de Patos de Minas



Núcleo de Editoria e Publicações

Editor

Walter Vieira da Cunha (UNIPAM)

Conselho Editorial Interno

Alice Pratas Glycério de Freitas (UNIPAM)
Carlos Henrique Eiterer de Souza (UNIPAM)
Rossana Pierangeli Godinho Silva (UNIPAM)
Vanessa Junia Machado (UNIPAM)

Conselho Consultivo

Alfredo Júnior Paiola Albrecht (UFPR)
Ana Paula Schwantes (ESALQ/USP)
André Santana Andrade (UNIPAM)
Aquiles Júnior da Cunha (UNICERP)
Arthur Arrobas Martins Barroso (UNESP)
Bruno Bernardes de Andrade (UNIPAM)
Bruno Sérgio Vieira (UFU)
Daiane Aparecida Fausto (ESALQ/USP)
Daniel Oliveira e Silva (UNIPAM)
Danielle Otte Carrara Castan (ESALQ/USP)
Denis Santiago da Costa (UEL)
Derblai Casaroli (UFG)
Diego Henrique da Mota (UNIPAM)
Durval Dourado Neto (ESALQ/USP)
Elisa Queiroz Garcia (UNIPAM)
Evandro Binotto Fagan (UNIPAM)
Everaldo Antônio Lopes (UFV-CRP)
Fábio Oliveira Diniz (ESALQ/USP)
Fernando Dias da Silva (UNIPAM)
Flávio Henrique Silveira Rabêlo (CENA/USP)
Francisco Guilhien Gomes Júnior (ESALQ/USP)
Gilson Passos de Moraes (UNIPAM)
Gleize Leviski de Brito (UNESP)
Guilherme Nascimento Cunha (UNIPAM)
Gustavo Rodrigues Barbosa (UNIPAM)
Jackeline de Siqueira Castro (UFV)
Jackeline Bruna Sousa (ESALQ/USP)
Jair Fernando de Oliveira (UNIPAM)
Janaina Oliveira da Silva (UNESP)
Janaine Myrna Rodrigues Reis (UNIPAM)
Jéssica Nogueira Soares (ESALQ/USP)

José Laércio Favarin (ESALQ/USP)
José Maurício da Rocha Junior (UNIPAM)
José Rodolfo de Oliveira (UNIPAM)
Juliana Borges Pereira (UNIPAM)
Klaus Reichardt (ESALQ/USP)
Lara Caroline Borges Moreira Mota (UFU)
Leandro Paiola Albrecht (UFPR)
Lucas da Silva Mendes (UNIPAM)
Luis Oliveira Lopes (UNIPAM)
Marcela Cristina Brunelli (UNESP)
Marco Aurélio Guerra Pimentel (CNPMS-EMBRAPA)
Marcos Altomani Neves Dias (ESALQ/USP)
Marília Caixeta Sousa (UNESP)
Maurício Antônio de Oliveira Coelho (UNIPAM)
Nádia Grandi Bombonato (UNIPAM)
Natália Arruda (ESALQ/USP)
Nívea Maria Borges Pereira (UNIPAM)
Norma Aparecida Borges Bitar (UNIPAM)
Paulo César Tavares de Melo (ESALQ/USP)
Pedro Jacob Christofolletti (ESALQ/USP)
Rafaela Alenbrant Migliavacca (ESALQ/USP)
Renan Fonseca Nascentes (UNESP)
Ronan Magalhães de Souza (UFRA)
Tatiane Beloni (UFSCAR)
Victor Gustavo Soares Ribeiro (UFV)
Vinícius José Ribeiro (UFV)
Walquíria Fernanda Teixeira (ESALQ/USP)
Welder Ângelo Baldassini (ESALQ/USP)

Revisão

Geovane Fernandes Caixeta
Rejane Maria Magalhães Melo

Diagramação e Formatação

Jordana Bastos Mesavila

Sumário

ARTIGOS

Controle em pós-emergência de capim-colonião (*Panicum maximum*) e de capim-marmelada (*Urochloa plantaginea*) em associação de imazapic e adjuvantes.....9

Hector Roque Carregari

Fabricio Simone Zera

Silvano Bianco

Avaliação da estabilidade aeróbia em silagem por termografia em infravermelho ...20

Luciano Gonçalves De Souza

Luiz Fernando Rocha Botelho

Atividade antagonica a *Rhizoctonia solani* por *Bacillus* spp. “in vitro”28

Maria Eduarda Sousa Caixeta

Thaigoru Soares De Sousa

Walter Vieira Da Cunha

Influência de doses e fontes de nutrientes na fisiologia de plantas de café.....38

Cilas De Souza Silva Junior

Flávia Marina Sousa Corrêa

Rian Soares Costa

Marcelo Fagioli

Diego Henrique Da Mota

Qualidade fisiológica de sementes de milho após diferentes etapas do processo de beneficiamento49

Maria Clara Mateus Cecotti Mariano

Wellington Ferrari Da Silva

Fertilizante mineral à base de *Ascophyllum nodosum* no desenvolvimento inicial de mudas de cafeeiro60

Daniela Bárbara Moreira

Lucas Da Silva Mendes

Efeito do número de sementes na semeadura sobre a produção de trigo (*Triticum aestivum* L.) para silagem.....74

Danilo Rodrigues Silva

Mauricio Antônio De Oliveira Coelho

Tratamento industrial de linhagem de milho e seus reflexos na qualidade fisiológica durante o armazenamento.....81

Natália Pereira Silva

Karla Vilaça Martins

Desenvolvimento de estufa automatizada para produção eficiente de hortaliças no cerrado mineiro91

Estanis Yaneth Gallardo Acosta
Maritzel Jasmin Abrego Acevedo
Juan Antonio Quiros Ortega
Elsa Leydis Hinestroza Rodríguez
Sandra Lúcia Nogueira
Fábio de Brito Gontijo

Hidrotec: otimizando a agricultura vertical com aeroponia automatizada101

Samantha Saraid Aldeano Nuñez
Yoel Eliecer Valdez Rodriguez
Vagner Mertins
Sandra Lúcia Nogueira
Fábio De Brito Gontijo

Teledetecção agrícola na otimização da produção de café109

Arcenio Palacio Smith
Angel Alexis Viquez Terranova
Francisco Elías Díaz Jaén
Roselyn Yaneth Navarro Camarena
Yemed Stuart Araújo Acosta
Sandra Lúcia Nogueira
Fábio De Brito Gontijo

Controle em pós-emergência de capim-colonião (*Panicum maximum*) e de capim- marmelada (*Urochloa plantaginea*) em associação de imazapic e adjuvantes

*Post-emergence control of Guinea grass (*Panicum maximum*) and Alexander grass
(*Urochloa plantaginea*) in association with imazapic and adjuvants*

HECTOR ROQUE CARREGARI

Bacharel em Agronomia (Instituto Taquaritinguense de Ensino Superior – ITES)
E-mail: hector.carregari@hotmail.com

FABRICIO SIMONE ZERA

Professor do Instituto Federal de Tocantins (IFTO - Campus Dianópolis)

SILVANO BIANCO

Professor da Universidade Estadual Paulista (UNESP - Campus Jaboticabal)

Resumo: Adjuvante é qualquer substância ou composto, exceto água, que, quando acrescido à calda de defensivos agrícolas, visa facilitar a aplicação, aumentar a eficiência ou diminuir riscos de deriva, sem apresentar propriedades fitossanitárias. Dentre os adjuvantes, destacam-se os surfatantes e adesivantes. O imazapic é um inibidor da enzima acetolactato sintase (ALS), que interrompe a produção de aminoácidos, resultando na inibição da divisão celular e no bloqueio do crescimento da planta. O imazapic é indicado para o controle de *Panicum maximum* e *Urochloa plantaginea*, duas plantas daninhas comuns no cultivo de cana-de-açúcar e amendoim. Este estudo teve como objetivo avaliar a eficácia do herbicida imazapic, com a adição de adjuvantes (resina e espalhante) à calda de pulverização, no controle de capim-colonião (*Panicum maximum*) e capim-marmelada (*Urochloa plantaginea*). O experimento foi realizado em casa de vegetação com delineamento experimental inteiramente casualizado, fatorial (2x2x3) e quatro repetições. O primeiro fator consistiu em duas espécies de plantas daninhas (*P. maximum* e *U. plantaginea*); o segundo, em duas doses do herbicida imazapic (175 e 350 g ha⁻¹ p.c.); e o terceiro, em dois adjuvantes (resina e espalhante) mais o controle (testemunha), totalizando 48 parcelas em vasos de cinco litros. Os herbicidas foram aplicados na condição de pós-emergência das plantas daninhas, com duas perfilhações, 28 dias após o plantio (DAP). Foram analisadas, no experimento, notas de controle (aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação - DAA) e, aos 21 DAA, massa fresca das plantas daninhas (capim-colonião e capim-marmelada). A espécie *U. plantaginea* apresentou-se, de modo geral, mais suscetível ao imazapic, e os adjuvantes aumentaram a eficiência de controle, mesmo em subdosagem, a partir dos 14 DAA. Concluiu-se que a espécie de capim-marmelada (*U. plantaginea*) foi melhor controlada em relação ao capim-colonião (*P. maximum*) e que a dose de imazapic a 175 g p.c. ha⁻¹, associada ao adjuvante resina, foi a opção mais eficaz no controle.

Palavras-chave: adjuvante; competição; controle químico; planta daninha; resina.

Abstract: An adjuvant is any substance or compound, except water, that, when added to agricultural pesticide mixtures, aims to facilitate application, increase efficiency, or reduce drift risks, without having phytosanitary properties. Among adjuvants, surfactants and stickers are noteworthy. Imazapic is an acetolactate synthase (ALS) enzyme inhibitor that disrupts amino acid production, resulting in inhibition of cell division and blocking plant growth. Imazapic is recommended for the control of *Panicum maximum* and *Urochloa plantaginea*, two common weeds in sugarcane and peanut cultivation. This study aimed to evaluate the efficacy of the herbicide imazapic, with the addition of adjuvants (resin and spreader) to the spray solution, in controlling *Panicum maximum* and *Urochloa plantaginea*. The experiment was conducted in a greenhouse using a completely randomized experimental design, with a factorial (2x2x3) arrangement and four replications. The first factor consisted of two weed species (*P. maximum* and *U. plantaginea*); the second factor consisted of two doses of the herbicide imazapic (175 and 350 g ha⁻¹ a.i.); and the third factor included two adjuvants (resin and spreader) plus the control (untreated), totaling 48 plots in five-liter pots. The herbicides were applied at the post-emergence stage of the weeds, with two tillerings, 28 days after planting (DAP). The experiment evaluated control ratings (7, 14, and 21 days after application - DAA), and at 21 DAA, fresh biomass of the weeds (*Panicum maximum* and *Urochloa plantaginea*) was measured. The species *U. plantaginea* was generally more susceptible to imazapic, and the adjuvants increased control efficiency, even at reduced doses, starting from 14 DAA. It was concluded that *U. plantaginea* was better controlled compared to *P. maximum*, and the imazapic dose of 175 g a.i. ha⁻¹, combined with the resin adjuvant, was the most effective control option.

Keywords: adjuvant; competition; chemical control; weed; resin.

1 INTRODUÇÃO

O controle químico é o método mais utilizado no manejo de plantas daninhas em áreas cultivadas com cana-de-açúcar, sendo a aplicação dos herbicidas geralmente realizadas nos períodos pré e pós-emergência inicial da cultura (Monquero *et al.*, 2012). Para que esse controle seja eficiente, deve-se considerar a época de aplicação, as características físico-químicas dos herbicidas, sua dosagem adequada e a composição da flora infestante (Orzari, 2015)

Dentre as plantas daninhas de maior relevância, destaca-se o capim-colonião (*Panicum maximum*), espécie comum em áreas de canaviais instalados em pastagens degradadas (Pedrinho Junior; Durigan, 2001). Devido ao porte elevado e à dificuldade de controle, essa planta interfere significativamente na produção, ocasionando reduções tanto quantitativas quanto qualitativas, especialmente em regiões tropicais e subtropicais, onde se adaptou com facilidade. Estudos conduzidos por Kuva¹ (1999 *apud* Pedrinho Junior; Durigan, 2001) indicam que a infestação de *P. maximum* pode resultar em perdas de produtividade superiores a 50 % na cultura da cana-de-açúcar.

Outra espécie relevante é o capim-marmelada (*Urochloa plantaginea*), considerada uma das gramíneas mais agressivas, com ocorrência em inúmeras culturas,

¹ KUYA, M. A. Efeito de período de controle e de convivência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum sp*) no estado de São Paulo. 1999. 74 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1999. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.11.1999.tde-20220208-104028>

como soja, milho e cana-de-açúcar. A presença dessa gramínea afeta diretamente o rendimento dessas culturas, prejudicando o desenvolvimento e a produtividade (Bianco; Pitelli; Bianco, 2005).

O uso de herbicidas é muito eficiente para o controle das plantas daninhas. Dentre esses, o imazapic é recomendado e registrado para as culturas como amendoim e cana-de-açúcar, com indicações para aplicações em pré e pós-emergência. Esse herbicida é absorvido pela folhagem e pelas raízes das plantas-alvo, sendo rapidamente translocado via xilema e floema até as regiões meristemáticas, onde se acumula (Rodrigues; Almeida, 2018). Assim, o imazapic proporciona controle eficaz de plantas daninhas e contribui para produtividades satisfatórias, embora possa causar injúrias nas fases iniciais das plantas de interesse econômico.

Além dos herbicidas, o uso de adjuvantes auxilia na melhoria da eficácia do controle das plantas daninhas. Adjuvantes são compostos adicionados a formulações ou caldas de pulverização com o propósito de modificar suas propriedades físico-químicas, favorecendo a compatibilidade de produtos no tanque do pulverizador e otimizando o desempenho das aplicações, influenciando características como viscosidade, tensão superficial, ângulo de contato, pH, condutividade elétrica e retenção e deposição de gotículas (Cunha; Alves; Marques, 2017). Segundo Decaro, Decaro Junior e Ferreira (2016), cada adjuvante possui propriedades específicas que visam aumentar a permeabilidade e absorção de moléculas, garantir a retenção da solução de pulverização, melhorar a cobertura superficial, reduzir a formação de espuma e ajustar as gotículas para uma dispersão mais uniforme sobre os alvos, entre outras funções.

A tensão superficial é a força exercida nas superfícies fluidas, e sua redução em soluções de pulverização aumenta a capacidade de espalhamento de gotículas (Silva; Velini; Corrêa, 2006). Essa propriedade influencia diretamente a quantidade de herbicida retida na superfície foliar, além de, juntamente com a composição química da folha, determinar como ocorre essa interação (Prado *et al.*, 2016). Os adjuvantes apresentam variações significativas na capacidade de reduzir a tensão superficial e o ângulo de contato, fatores relevantes para a formação de gotículas e a cobertura do alvo. Esses fatores devem ser considerados com atenção na seleção dos adjuvantes mais adequados (Li *et al.*, 2016). A função dos adjuvantes inclui a redução da tensão superficial da calda, diminuindo a força de atração entre as moléculas do líquido e permitindo maior contato das gotas com a superfície vegetal (Araújo; Raetano, 2011).

Outro tipo de adjuvante que pode ser utilizado para melhorar o contato da calda com a superfície vegetal é o adesivante, cuja principal característica é favorecer a adesão do produto fitossanitário ao alvo, formando um filme pouco solúvel sobre as superfícies tratadas, mas que ainda permite a troca de gases (Araújo; Raetano, 2011). De acordo com Witt (2001), adjuvantes adesivos têm a função de aumentar a adesão de partículas sólidas, reduzir a evaporação do produto fitossanitário e fornecer uma camada impermeável, especialmente em casos de produtos altamente solúveis e sujeitos a lavagem da superfície foliar em condições de chuva forte após a aplicação.

Com o objetivo de proporcionar maior eficiência no controle de plantas daninhas, observa-se o uso de herbicida associado a adjuvantes. Neste contexto, o objetivo foi avaliar a eficiência do herbicida imazapic, com a adição de adjuvantes (resina

e espalhante) à calda de pulverização, no controle de capim-colonião (*P. maximum*) e capim-marmelada (*U. plantaginea*).

2 MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada nas coordenadas geográficas 21.416737S e 48.502186W, utilizando um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial (2x2x3), com quatro repetições. Foram considerados três fatores: o primeiro fator consistiu em duas espécies de plantas daninhas, capim-colonião (*Panicum maximum*) e capim-marmelada (*Urochloa plantaginea*); o segundo fator correspondeu a duas doses do herbicida imazapic (175 e 350 g p.c. ha⁻¹); e o terceiro fator inclui dois surfactantes (resina e espalhante) além da testemunha (controle).

O herbicida utilizado foi o imazapic (Plateau®, 700 kg⁻¹ g i.a., WG, Basf). Os tratamentos herbicidas foram aplicados de acordo com a seguinte ordem: T1 – 175 g p.c. ha⁻¹ imazapic; T2 – 350 g p.c. ha⁻¹ imazapic; T3 – 175 g p.c. ha⁻¹ imazapic + Resina; T4 – 350 g p.c. ha⁻¹ imazapic + Resina; T5 – 175 g p.c. ha⁻¹ imazapic + Espalhante; T6 – 350 g p.c. ha⁻¹ imazapic + Espalhante; T7 – 175 g p.c. ha⁻¹ imazapic; T8 – 350 g p.c. ha⁻¹ imazapic; T9 – 175 g p.c. ha⁻¹ imazapic + Resina; T10 – 350 g p.c. ha⁻¹ imazapic + Resina; T11 – 175 g p.c. ha⁻¹ imazapic + Espalhante; T12 – 350 g p.c. ha⁻¹ imazapic + Espalhante. Perfazendo um total de 48 parcelas, compostas por vasos individuais de de cinco litros.

Os vasos foram preenchidos com o solo de textura arenosa, cujas propriedades físico-químicas, obtidas por análise laboratorial, foram as seguintes: pH CaCl₂ = 6,0; P = 17,0 mg dm⁻³; Ca²⁺ = 31,0, Mg²⁺ = 15,0; K⁺ = 2,5; Al³⁺ = 0,0; H + Al = 17,0; M.O. = 18,0 g dm⁻³; SB = 48,1; CTC = 65,2; V% = 74; m% = 0; areia = 78%, silte = 7% e argila = 15%. Com essas características, o solo não demandou correção, mas foi adubado com 10 g por vaso, referente a 30 kg ha⁻¹ da formulação 05-25-25 (N-P-K), para suprir as exigências nutricionais da cultura da cana-de-açúcar.

A semeadura foi realizada com 1,25 g de sementes por vaso. As sementes de capim-colonião apresentaram 85% de germinação, enquanto as de capim-marmelada 92%, garantindo uma boa cobertura de plantas nos vasos. Após a emergência das plantas, quando apresentavam dois perfilhos (pós-emergência), foram aplicados os tratamentos de herbicidas associados aos adjuvantes.

Na aplicação dos herbicidas, a temperatura média registrada foi de 26,8 °C, umidade relativa do ar 72,1 % e a velocidade do vento de 1,42 km h⁻¹. Foi utilizado um pulverizador costal pressurizado a CO₂, com pressão de 30 lb pol⁻², equipado com barra contendo quatro bicos leque TTI 11002, espaçados entre si em 0,5 m, com consumo de 200 L ha⁻¹ de calda.

Foram analisadas as seguintes variáveis nos experimentos de controle, aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA), foram atribuídas notas de controle das plantas daninhas, e aos 21 DAA, a massa seca do capim-colonião e capim-marmelada. As notas de controle seguiram a Escala de Notas da Associação Latino-americano de Malezas (ALAM, 1974), utilizadas para avaliar a eficácia de controle de plantas daninhas, variando de 0 (nenhum controle) a 100 % (controle total das espécies estudadas).

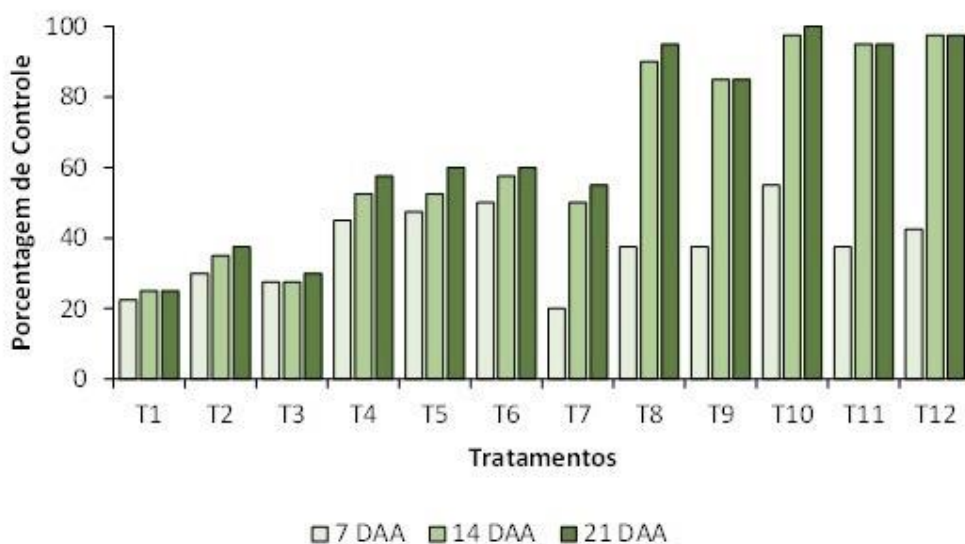
Para a determinação da massa seca, as plantas de capim-colonião e capim-marmelada foram cortadas rente ao solo e secas em estufa com circulação de ar a 70°C, durante 7 dias. Em seguida, foram pesadas em balança de precisão.

Os dados coletados foram digitados e processados, sendo realizada a análise de variância pelo teste F para avaliar os efeitos dos tratamentos sobre as variáveis analisadas. para a comparação das médias entre os tratamentos, foi utilizado o teste de Tukey com nível de significância de $p \leq 0,05$, utilizando o software Agroestat (Barbosa; Maldonado Junior, 2015).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As notas de controle registradas aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA) (Figura 1) indicaram que o controle de capim-marmelada (*U. plantaginea*) foi superior ao de capim-colonião (*P. maximum*). Conforme os dados apresentados na Tabela 1, diferenças significativas nas notas de controle surgiram a partir dos 14 DAA, com manutenção de um nível de controle superior para o capim-marmelada. Ao final do período de observação, o capim-marmelada obteve nota de controle de 87,92%, o que caracteriza um controle considerado muito bom.

Figura 1: Porcentagem de Controle dos tratamentos, aplicados em pós-emergência do capim-colonião e capim-marmelada aos 7, 14 e 21 DAA



T1 – 175 g p.c. ha⁻¹ imazapic; T2 – 350 g p.c. ha⁻¹ imazapic; T3 – 175 g p.c. ha⁻¹ imazapic + Resina; T4 – 350 g p.c. ha⁻¹ imazapic + Resina; T5 – 175 g p.c. ha⁻¹ imazapic + Espalhante; T6 – 350 g p.c. ha⁻¹ imazapic + Espalhante; T7 – 175 g p.c. ha⁻¹ imazapic; T8 – 350 g p.c. ha⁻¹ imazapic; T9 – 175 g p.c. ha⁻¹ imazapic + Resina; T10 – 350 g p.c. ha⁻¹ imazapic + Resina; T11 – 175 g p.c. ha⁻¹ imazapic + Espalhante; T12 – 350 g p.c. ha⁻¹ imazapic + Espalhante.

Tabela 1: Notas de controle (%) dos tratamentos, aplicados em pós-emergência no capim-colonião e capim-marmelada aos 7, 14 e 21 DAA, média de quatro repetições

Tratamentos	Notas de Controle (%)		
	7 DAA	14 DAA	21 DAA
Plantas Daninhas (A)			
<i>Panicum Maximum</i>	37,08 a	41,66 b	45,00 b
<i>Urochloa plantaginea</i>	38,33 a	85,83 a	87,92 a
F	0,09 ^{NS}	244,26**	202,72**
CV (%)	37,82	15,36	15,71
Dms	8,35	5,73	6,11
Doses de imazapic (B)			
175g p.c. ha ⁻¹	29,16 b	52,08 b	54,58 b
350g p.c. ha ⁻¹	46,25 a	75,42 a	78,33 a
F	17,21**	68,17**	68,08**
CV (%)	37,82	15,36	15,71
Dms	8,35	5,73	6,11
Adjuvantes (C)			
Testemunha	35,63 a	56,25 b	59,38 b
Resina	38,13 a	68,13 a	71,88 a
Espalhante	39,38 a	66,87 b	68,13 ab
F	0,29 ^{NS}	7,11**	6,04**
CV (%)	37,82	15,36	15,71
Dms	12,33	8,46	9,02
Interação AxB	0,83 ^{NS}	0,35 ^{NS}	2,31 ^{NS}
Interação AxC	0,12 ^{NS}	2,63 ^{NS}	1,22 ^{NS}
Interação BxC	2,13 ^{NS}	7,33**	7,11**
Interação AxBxC	1,47 ^{NS}	4,33*	3,29*

Conforme os dados da Tabela 3, a dose mais elevada de imazapic (350 g p.c. ha⁻¹) apresentou um controle mais eficaz em comparação à dose inferior (175 g p.c. ha⁻¹), com notas de 46,25% aos 7 DAA, 75,42% aos 14 DAA e 78,33% aos 21 DAA. A adição de adjuvantes, especialmente a resina (adesionante), potencializou significativamente o controle das plantas daninhas em relação ao espalhante (surfactante) e à testemunha. Embora aos 7 DAA não houvesse diferença estatística significativa, aos 14 DAA a resina destacou-se, atingindo 68,13% de controle, e aos 21 DAA alcançou 71,88%. Segundo Kissmann (1998), adjuvantes adesivos como a resina, por serem compostos oleosos, permanecem mais tempo sobre a superfície vegetal, reduzindo a evaporação e formando uma camada impermeável, o que minimiza a perda do produto aplicado. Em contrapartida, os adjuvantes espalhantes promovem a dispersão e absorção da calda, além de diminuir a degradação do ingrediente ativo e a tensão superficial.

A interação significativa observada foi entre doses e adjuvantes, conforme indicado na Tabela 1, particularmente aos 14 e 21 DAA. Na Tabela 2, aos 14 DAA, a dose maior de imazapic (350 g p.c. ha⁻¹) resultou em controle mais efetivo nos tratamentos com adjuvantes (resina e espalhante) em comparação com a testemunha. Observa-se ainda que, na menor dose de imazapic (175 g p.c. ha⁻¹), os adjuvantes resina (62,50%) e espalhante (56,25%) também contribuíram para um controle mais eficaz das espécies capim-colonião e capim-marmelada.

Tabela 2: Notas de controle (%) das associações de doses de imazapic com dois diferentes adjuvantes, resina e espalhante aos 14 e 21 DAA

14 DAA							
	Testemunha		Resina		Espalhante		F
175 g p.c. ha ⁻¹	37,50	Bb	62,50	Ab	56,25	Ab	14,13**
350 g p.c. ha ⁻¹	75,00	Aa	73,75	Aa	77,50	Aa	0,30 ^{NS}
F	58,70**		5,28*		18,85*		
21 DAA							
	Testemunha		Resina		Espalhante		F
175 g p.c. ha ⁻¹	40,00	Bb	66,25	Ab	57,50	Ab	13,11**
350 g p.c. ha ⁻¹	78,75	Aa	77,50	Aa	78,75	Aa	0,04 ^{NS}
F	55,09**		4,64*		16,57*		

Letras maiúsculas comparam-se na linha e minúsculas na coluna para o teste de média de Tukey a 5% e 1% de probabilidade.

Os resultados de massa fresca (Tabela 3) corroboram as notas de controle e refletem a eficácia dos tratamentos aplicados, com melhor desempenho de controle sobre a espécie *Urochloa plantaginea* (capim-marmelada), que apresentou a menor massa fresca (0,77 g), compatível com a nota de controle de 87,92%. Em contrapartida, *Panicum maximum* (capim-colonião) exibiu uma massa fresca superior (1,13 g) e nota de controle mais baixa (45%). Em relação às doses de imazapic, a aplicação de 350 g p.c. ha⁻¹ resultou em um controle mais eficiente, com massa fresca reduzida (0,84 g), enquanto a dose de 175 g p.c. ha⁻¹ obteve uma massa fresca de 1,06 g. Quanto aos adjuvantes, o tratamento com resina apresentou a menor massa fresca (0,86 g), em consonância com suas notas de controle, seguido pelo espalhante (0,94 g) e pela testemunha (1,06 g) aos 21 DAA. Não foi observada interação significativa para essa variável.

Tabela 3: Massa seca de capim-colonião e capim-marmelada, após 21 DAA da aplicação dos tratamentos

Tratamentos	Massa Seca (g) ¹
Plantas Daninhas (A)	
<i>Panicum Maximum</i>	1,13 a
<i>Urochloa plantaginea</i>	0,77 b
F	44,44**
CV (%)	19,30
Dms	0,11
Doses de imazapic (B)	
175g ha ⁻¹	1,06 a
350g ha ⁻¹	0,84 b
F	16,70**
CV (%)	19,30
Dms	0,11
Adjuvantes (C)	
Testemunha	1,06 a
Resina	0,86 b
Espalhante	0,94 ab
F	4,92*
CV (%)	19,30
Dms	0,16
Interação AxB	2,77 ^{NS}
Interação AxC	0,57 ^{NS}
Interação BxC	1,65 ^{NS}
Interação AxBxC	2,66 ^{NS}

¹Dados transformados em $\sqrt{\frac{1}{n}} + 0,5$.

Velini e Pontin (1995), ao avaliarem a eficiência agrônômica de pré-misturas formuladas de diuron + hexazinone aplicadas em pós-emergência de *Urochloa plantaginea* (capim-marmelada) na cultura da cana-de-açúcar (SP71-1406), associadas a diferentes adjuvantes, observaram que os melhores resultados foram obtidos com a adição de óleo mineral e vegetal aos tratamentos herbicidas. Quando associado à ureia, o tratamento também demonstrou eficiência satisfatória, reforçando a importância do uso de adjuvantes na potencialização da ação herbicida para o controle de *U. plantaginea*, em consonância com os achados do presente estudo.

Osipe, Nishimura e Meyering (1995), ao analisarem o comportamento do herbicida propaquizafop em aplicações pós-emergentes e em misturas com diferentes marcas comerciais de óleo mineral para o controle de gramíneas na cultura da soja, concluíram que a aplicação de propaquizafop na dose de 1,25 L ha⁻¹, em associação com

os adjuvantes Assist, Dytrol, OPPA-BR e BR4, mostrou-se eficiente no controle de *Urochloa plantaginea* (capim-marmelada). No caso de *Digitaria horizontalis*, uma melhor eficiência foi observada quando o herbicida foi combinado com o óleo mineral Joint.

Jordan (1996) investigaram a influência de surfactantes na eficácia do herbicida clethodim no controle das gramíneas *Echinochloa crusgalli*, *Urochloa platyphylla* e *Sorghum halepense*. Os autores aplicaram clethodim em combinação com diferentes espalhantes (Agri-Dex, Dash e Sun-It II) e observaram que uma dose reduzida de clethodim (70 g p.c. ha⁻¹) foi eficaz no controle das plantas daninhas quando combinada com os espalhantes, superando a eficácia da dose mais elevada (140 g p.c. ha⁻¹) sem adjuvantes.

4 CONCLUSÕES

Concluiu-se que a espécie de capim-marmelada (*U. plantaginea*) apresentou maior sensibilidade ao controle em comparação ao capim-colonião (*P. maximum*). A aplicação de imazapic na dose de 175 g p.c. ha⁻¹, em associação com o adjuvante resina, revelou-se como a opção mais eficaz para o controle dessas plantas daninhas.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, D. de; RAETANO C. G. Adjuvantes de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de Aplicação para Culturas Anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2011. p. 27-42.
- ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS. **Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas**. ALAM, v. 1, n. 1, p. 35-38, 1974.
- BARBOSA, JC; MALDONADO JUNIOR, W. **AgroEstat - sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2015. 396p.
- BIANCO, S.; PITELLI, R.A.; BIANCO, M.S. Estimativa da área foliar de *Brachiaria plantaginea* usando dimensões lineares do limbo foliar. **Planta daninha**, [S.l.], v. 23, n. 4, p. 597-601, dez. 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582005000400006>.
- CUNHA, J. P. A. R. da; ALVES, G. S.; MARQUES, R. S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. **Revista Ciência Agronômica**, [S.l.], v. 48, n. 2, p. 261-270, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20170030>.
- DECARO, R. A.; DECARO JUNIOR, S. T.; FERREIRA, M. da C. Deposit of pesticides without and with adjuvants on citrus seedlings following different intervals of artificial rain. **Ciência Rural**, [S. l.], v. 46, n. 1, p. 13-19, jan. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20150064>.

JORDAN, D. L. Adjuvants and Growth Stage Affect Purple Nutsedge (*Cyperus rotundus*) Control with Chlorimuron and Imazethapyr. **Weed Technology**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 359-362, jun. 1996. Cambridge University Press (CUP). DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/s0890037x00040094>.

KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. In: GUEDES, J. V. C.; DORNELLES, S. B. (orgs.), **Tecnologia em segurança na aplicação de agrotóxicos**: Novas Tecnologias. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p. 39-51.

LI, J.; CHEN, W.; XU, Y.; WU, X. Comparative effects of different types of tank-mixed adjuvants on the efficacy, absorption and translocation of cyhalofop-butyl in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* [L.] Beauv.). **Weed Biology and Management**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 80-89, 2 fev. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/wbm.12095>.

MONQUERO, P. A.; HIJANO, N.; ORZARI, I.; SABBAG, R. dos S.; HIRATA, A. C. da S. Profundidade de semeadura, pH, textura e manejo da cobertura do solo na emergência de plântulas de *Rottboellia exaltata*. **Semina: Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 33, n. 6, Sup. 11, p. 2799–2812, 2012. DOI: 10.5433/1679-0359.2012v33n6Supl1p2799.

ORZARI, I. **Efeitos de herbicidas no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar e lixiviação e translocação de diurom**. 2015. 142f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade federal de São Carlos, São Carlos, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/36>

OSIPE, R., NISHIMURA, M., MEYERING, E.N. Comportamento do propaguizafop aplicado em pós-emergência, em mistura com diferentes adjuvantes, no controle de gramíneas na cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 20, 1995, Florianópolis. [**Anais...**] Florianópolis: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1995. p.55.

PEDRINHO JUNIOR, A. F. F.; DURIGAN, J. C. Controle de capim-colonião na cultura da cana-de-açúcar com herbicidas aplicados em pré-emergência. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 125, 10 dez. 2001. DOI: <http://dx.doi.org/10.7824/rbh.v2i3.361>.

PRADO, E. P.; RAETANO, C. G.; DAL POGETTO, M. H. F. do A.; CHECHETTO, R. G.; FERREIRA FILHO, P. J.; MAGALHÃES, A. C.; MIASAKI, C. T. Effects of agricultural spray adjuvants in surface tension reduction and spray retention on Eucalyptus leaves. **African Journal Of Agricultural Research**, [S. l.], v. 11, n. 40, p. 3959-3965, 6 out. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5897/ajar2016.11349>.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 7. ed. Londrina, 2018. 764p.

SILVA, F.M.L.; VELINI, E.D.; CORRÊA, T.M. Influência dos Íons Mg, Ca, Fe, Cu e Zn sobre a tensão superficial estática de soluções contendo surfatante. **Planta Daninha**, [S. l.], v. 24, n. 3, p. 589-595, set. 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582006000300023>.

VELINI, E.D., PONTIN, J.C. Avaliação da eficiência agrônômica de pré-misturas formuladas de Diuron + Hexazinone aplicadas em pós-emergência, do capim marmelada [*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch.], na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* cv. SP 71-1406) associado a diferentes adjuvantes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA 70 CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 20, 1995, Florianópolis. [**Anais...**] Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência das Plantas Daninhas, 1995. p.240.

WITT, J. M. **Agricultural spray adjuvants**. Ithaca, NY: Cornell University, 2001. Disponível em: <http://pmep.cce.cornell.edu/facts-slides-self/facts/genpeapp-adjuvants.html>.

Avaliação da estabilidade aeróbia em silagem por termografia em infravermelho

Evaluation of aerobic stability in silage using infrared thermography

LUCIANO GONÇALVES DE SOUZA

Bacharel em Zootecnia (UNIPAM)

E-mail: lucianogoncalves170194@hotmail.com

LUIZ FERNANDO ROCHA BOTELHO

Mestre em Zootecnia e consultor.

E-mail: luizfrbotelho@gmail.com

Resumo: Objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade bromatológica e a estabilidade aeróbia da silagem de milho através da termografia em infravermelho. Utilizou-se milho híbrido Agrocere AG-5055-PRO para ensilar, sendo quatro tempos de abertura 14, 21, 28, 35 dias e dez repetições, sendo cinco repetições para análises bromatológicas e cinco repetições para análise termográfica. Foi coletado um total de 360 imagens durante todo o período de avaliação. As temperaturas foram mensuradas por termografia em infravermelho três vezes ao dia durante seis dias. A cultivar da Agrocere AG 5055 Pro mostrou ser uma planta ideal para produção de silagem por apresentar boa qualidade bromatológica, obtendo boa fermentação após 14 dias de abertura, não havendo diferença significativa ($P>0,05$) da qualidade entre os tempos de abertura do silo. A análise da temperatura e a quebra da estabilidade aeróbia ocorreram após 56 horas.

Palavras-chave: conservação de volumoso; fermentação anaeróbia; qualidade de silagem.

Abstract: This study aimed to evaluate the bromatological quality and aerobic stability of corn silage through infrared thermography. The Agrocere AG-5055-PRO hybrid corn was used for ensiling, with four silo opening times—14, 21, 28, and 35 days—and ten repetitions, with five repetitions for bromatological analyses and five for thermographic analysis. A total of 360 images were collected over the entire evaluation period. Temperatures were measured by infrared thermography three times a day over six days. The Agrocere AG 5055 Pro cultivar proved ideal for silage production, exhibiting good bromatological quality and achieving adequate fermentation after 14 days, with no significant difference ($P>0.05$) in quality among the silo opening times. Temperature analysis indicated a breakdown of aerobic stability after 56 hours.

Key-words: forage conservation; anaerobic fermentation; silage quality

1 INTRODUÇÃO

A conservação de forragens na forma de silagem é uma prática comum de suplementação volumosa de ruminantes em todo o mundo. A ensilagem é dos métodos mais utilizados para a conservação desses alimentos volumosos e, quando bem feita, mantém as características nutricionais da planta, com perdas mínimas em quantidade e

qualidade, podendo ser utilizada como suplemento nos períodos de baixo crescimento das pastagens, inclusive como principal alimento volumoso (Junges, 2010).

A silagem passa por processos bioquímicos e microbiológicos, desde a colheita até o consumo pelos animais. A transformação mais importante acontece após o fechamento do silo, que está dividida em quatro fases: aeróbia, fermentativa, estável e deterioração. O ciclo fermentativo de uma silagem bem feita, de milho ou sorgo, se completa, em média, com 21 dias; após esse período os principais processos fermentativos já ocorreram e a silagem já se encontra em fase de “estabilização” (Cruz *et al.*, 2001).

Os procedimentos de abertura do silo podem afetar a qualidade nutritiva do produto até seu consumo. A silagem sem a presença de oxigênio e com acúmulo de ácido láctico resulta na diminuição do pH, na inibição do metabolismo microbiano e na preservação dos nutrientes. Entretanto, quando exposta ao ar, certos microrganismos oportunistas se tornam metabolicamente ativos, produzem calor e consomem nutrientes da silagem (Ranjit; Kung, 2000).

Essa elevação da temperatura é indesejável, porque, acima de 49 °C, a proteína pode reagir com os carboidratos da planta e passar a fazer parte da FDA. A reação de Maillard ocorre quando aquece os aminoácidos ou proteínas e os açúcares (carboidratos) acima de 55° C, em que o grupo carbonila (C=O) do carboidrato interage com o grupo amino (-NH₂) do aminoácido ou proteína, tornando-se indigestível (Cruz *et al.*, 2001).

O monitoramento da temperatura em silos de fazenda se torna complexo e bastante variável em função da grande área dos silos e da falta de controle ambiental. Dessa forma, equipamentos modernos utilizando a termografia em infravermelho (TIV) mostram-se com amplo potencial de aplicação para determinação de variáveis que estejam relacionadas à temperatura (Novinski, 2013).

Aliado a essas tecnologias, novas metodologias de avaliação de silagens estão sendo desenvolvidas. A utilização de termografia em infravermelho vem sendo avaliada como ferramenta de avaliação do crescimento microbiano (Junges, 2010).

Sendo assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a estabilidade aeróbia através da termografia em infravermelho e a qualidade bromatológica da silagem de milho híbrido Agrocere AG 5055 PRO em diferentes tempos de abertura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área experimental da Escola Agrotécnica Estadual Afonso de Queiroz e no Laboratório de Nutrição Animal e Análise de Alimentos localizado no primeiro piso do Bloco H do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), no município de Patos de Minas, Minas Gerais, no período de outubro de 2017 a maio de 2018.

Para confecção das silagens experimentais, foram utilizadas plantas inteiras do híbrido Agrocere AG 5055 PRO, plantada no dia 18 de outubro de 2017 com densidade de 50.000 plantas/ha em área experimental de 215m² localizada na Escola Agrotécnica Estadual Afonso de Queiroz, com clima mesotérmico caracterizado por verões quentes e úmidos, sendo que o período da seca dura 3 a 4 meses (maio a agosto). A temperatura média é cerca de 20° C e a precipitação média anual é de 1.300mm com intensidade

máxima em dezembro e janeiro. A área possui solo tipo Latossolo vermelho cuja análise mostrou estar propício para plantio. Foi efetuada uma adubação de 100 kg de N/ha após 60 dias do plantio. A planta inteira foi coletada por meio de corte manual no dia 26 de janeiro de 2018 com 101 dias após o plantio. Após o corte, a planta foi fragmentada em partes de 2 a 5 cm, em picadeira motora JF. Foram coletadas cinco amostras da matéria fresca para análise no Laboratório de Bromatologia. Foram utilizados quatro tratamentos experimentais que consistiam em quatro tempos de abertura (Tratamento 01: abertura com 14 dias; Tratamento 02: abertura com 21 dias; Tratamento 03: abertura com 28 dias; Tratamento 04: abertura com 35 dias) e 10 repetições (tubos), sendo cinco repetições de cada tratamento para as análises físico-químico-bromatológicas e cinco repetições para as análises de estabilização aeróbia, constituindo um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro tratamentos e cinco repetições.

Foram utilizados canos PVC para a confecção dos silos experimentais (minissilos). Cada minissilo apresentava 50 cm de comprimento e no fundo de cada um foi montado um aparato constituído de 10 cm de areia com TNT e uma tela sombrite para coletar o material efluente. Cada tubo teve seu fundo tampado com uma tampa (*cap*) e a tampa superior possuía uma válvula de escape do tipo bico de bunsen para liberação do ar, preservando o conteúdo do minissilo. A compactação do material foi realizada com soquetes de madeira, colocando-se aproximadamente 2,800 kg de forragem fresca por minissilo, resultando em uma densidade de cerca de 700 kg/m³. A tampa dos minissilos foi vedada com fita, esses foram levados ao laboratório onde se realizou a pesagem.

Nos dias de abertura dos minissilos, antes da realização desse processo, eles foram pesados, a fim de determinar as perdas por efluentes e gases; posteriormente quantificar o índice de recuperação de matéria seca. Para as análises físico-químico-bromatológicas foram utilizadas cinco repetições (tubos) de cada tratamento; as outras cinco repetições de cada tratamento foram utilizadas para análises de termografia.

Os primeiros 10 cm de cada minissilo foram descartados. A porção central (10 a 30 cm) foi separada e homogeneizada. Dessa amostra foram coletadas subamostras para determinação do pH, seguindo a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2004). Uma terceira subamostra de cada minissilo, de aproximadamente 0,5 kg, foi acondicionada e identificada em sacos de papel e levada para a estufa de ventilação forçada para a realização das análises bromatológicas. Foram realizadas as seguintes análises: teor de matéria seca (MS) segundo AACC (1976); após o término da análise de matéria seca, as amostras foram moídas e acondicionadas em potes para não ter contato com oxigênio; depois disso, avaliou-se a proteína bruta (PB%) no aparelho de destilação a vapor micro-Kjedahl, conforme a AOAC (1970), em que a % de PB é calculada usando o fator de conversão 6,25. Para as análises de fibra em detergente neutro (FDN), foi aplicada a metodologia de acordo com Van Soest (1991). A quantidade de matéria mineral ou cinzas e o potencial hidrogeniônico (pH) na planta foram determinados de acordo com Silva e Queiroz (2004).

Para as análises bromatológicas, o estudo estatístico foi efetuado com o auxílio do software estatístico SISVAR 5.6. Os dados foram submetidos a análises de variância, e as médias, comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Foi realizada análise de regressão para os tempos de abertura dos minissilos.

Para as análises termográficas, amostras de aproximadamente 2 kg das silagens de cada repetição foram colocadas em bandejas de plástico sem tampa, mantidas no laboratório e climatizadas a 25 ± 1 °C por 144 horas, coletando um total de 360 imagens termográficas durante todos os quatro períodos de avaliação da EA. As temperaturas foram mensuradas por termografia em infravermelho três vezes ao dia, às 8 h, às 16 h e às 24 h, durante seis dias. As variáveis avaliadas foram: Temperaturas máxima (IMAX), média (IMED) e mínima (IMIN), obtidas na termografia em infravermelho (TIV), a fim de determinar o grau de associação entre as medidas realizadas. Foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson (r) entre os parâmetros de temperaturas IMAX, IMED e IMIN à temperatura interna da silagem (TINT) e à temperatura ambiente da sala climatizada (TAMB).

As imagens foram coletadas e armazenadas com a câmera termográfica em infravermelho (FLUKE Ti 25 FT®). O processamento da termografia em infravermelho das silagens de milho foi realizado individualmente para cada repetição (balde), sendo extraídas as temperaturas (máxima, média e mínima) dentro de um quadrado delimitado pela câmera termográfica no centro de cada balde. Os dados da temperatura média foram tabulados em planilha Excel e aplicados testes de correlação de *Pearson*. Também foi realizada análise de variância para as temperaturas médias avaliadas em cada tempo de armazenamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição bromatológica da amostra natural e da silagem do híbrido de milho da Agrocere AG 5055 PRO, neste trabalho, esteve condizente com alguns dos valores descritos na literatura (Tabela 1); resultados semelhantes foram encontrados por Junges (2010), que encontrou os seguintes teores bromatológicos: Matéria seca 29,8%, Proteína Bruta 7,4%; FDN 45,6%; Extrato Etéreo 2,6%; Matéria Mineral 3,0% e pH 3,7.

Tabela 1: Teor de Matéria Seca (MS), Matéria Mineral (MM), Proteína (PB), Fibra em detergente neutro (FDN), Extrato etéreo (EE), pH e Perda de Efluentes (PE) da Amostra Natural e da Amostra Ensilada de acordo com o tempo de abertura do minissilo

Tempo de abertura	MS	MM	PB	FDN	EE	pH	PE
A. Natural (0 dias)	30,88 (ns)	5,03 (ns)	9,84 a	51,11 (ns)	2,77 bc	5,51 c	0
14 dias	29,51	5,27	9,29 b	49,60	2,65 c	3,61 a	6,27
21 dias	29,30	5,16	9,40 ab	50,54	3,51 a	3,78 b	7,48
28 dias	29,30	5,29	9,45 ab	50,00	3,01 abc	3,73 b	7,42
35 dias	29,05	5,43	9,41 ab	47,84	3,37 ab	3,67 ab	9,72
CV (%) *	3,96	6,53	2,72	3,95	10,77	1,45	38,46

*CV: Coeficiente de variação. Letras seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. ns: não significativo.

Não houve diferença estatística ($P>0,05$) nos tratamentos para teores de MS da forragem, mas foi observado que houve uma redução numérica na porcentagem com o passar dos dias; a amostra natural apresentava 30,88% e após os 35 dias de armazenamento apresentou 29,05. O desaparecimento de uma unidade percentual de

MS é decorrente do processo fermentativo, realizado pela respiração das células vegetais e pelo metabolismo dos microrganismos anaeróbios durante a ensilagem. Esses microrganismos são responsáveis pelo consumo de açúcares no processo e produção de CO₂ e água do seu metabolismo (McDONALD *et al.*, 1991).

Deminicis *et al* (2009), ao fazerem uma revisão da literatura, verificaram que uma planta, para ser ensilada, tem que conter os teores de matéria seca entre 30 a 35%, mínimo de 3% de carboidratos solúveis na matéria original, baixo poder tampão para uma boa fermentação microbiana.

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) em relação à Produção de Efluente. Alguns fatores, como teor de matéria seca, natureza do silo, grau de compactação, além do processamento da silagem, exercem influência na produção de efluentes. Jones *et al.*, (1995) constataram que plantas ensiladas com 16% de MS produziram 250 L/t de efluente, e não observaram presença de efluente quando utilizaram plantas com 30% de MS, considerando que o teor de 25% de MS é suficiente para prevenir a produção significativa de efluente. A forragem, quando ensilada com alto teor de umidade, ocasiona perda de matéria seca através do efluente que pode atingir até 10%; entretanto, quando o teor de MS se encontra numa faixa de 30%, a perda por efluente torna-se insignificante.

Da mesma forma, nos teores de FDN da forragem não houve diferenças estatísticas ($P>0,05$), mas foi observada uma redução nos teores de 51,11% na matéria natural no momento da ensilagem para 49,6% na média do tratamento 1 após os 14 dias de armazenamento; perda de 1,51 unidades percentuais de FDN. Esses resultados corroboram os de Junges (2010): redução de 3,4%, segundo os autores essa redução indica que parte da fibra, provavelmente a fração hemicelulose, foi solubilizada. Esse efeito pode ser considerado positivo ao processo, por fornecer carboidratos solúveis aos microrganismos da silagem e elevar o consumo da silagem pelos animais.

Fato inverso ocorreu com a variável Matéria Mineral, já que não houve diferença estatística ($P>0,05$), porém foi observado que houve um aumento na porcentagem com o passar dos dias. Velho *et al.* (2007) encontraram valores próximos de 4,03, indicando que os teores mais elevados desse componentes na silagem possivelmente estão relacionados ao consumo de parte dos componentes solúveis no metabolismo das bactérias, acarretando elevação dos componentes insolúveis; também a perda de componentes solúveis no efluente pode explicar essas diferenças.

Os níveis de proteína diferiram ($P>0,05$) entre a amostra natural e os tratamentos, visto que a amostra natural teve maior concentração de proteína com 9,84. Junges *et al.* (2010) verificaram teores de PB das silagens de milho inferiores 7,4, porém as demais variáveis bromatológicas estudadas assemelham-se às deste estudo. Essas diferenças verificadas nas análises de silagem de milho demonstram a variação de manejo adotado para a confecção das silagens, as quais variam desde a escolha do híbrido até mínimos ajustes no momento da ensilagem, que serão refletidos na qualidade nutricional e perdas de MS da massa de forragem ensilada — além do impacto da metodologia de análise, que pode apresentar variação entre laboratórios.

Os níveis de Estrato Estéreo diferiram ($P>0,05$) entre a amostra natural e o dia de abertura 28 teve a melhor média, 3,51. Ítavo *et al.* (2000) encontraram valores de estrato etéreo 1,1% em silagem de milho, diferentemente de outros autores que

encontraram níveis mais elevados de estrato etéreo, sendo 4% essa diferença pode ser pela escolha da cultivar utilizada.

Foi observada diferença estatística ($P>0,05$) para a variável do pH quando comparada a amostra natural no dia da ensilagem e as médias das silagens nos diferentes tempos de abertura. Porém, embora os tempos de abertura diferiram entre si, os valores encontrados apresentaram-se abaixo dos valores descrito por Kleinschmit e Kung (2006), em que o pH desejado é abaixo de 3,8, pois a redução do pH dos materiais ensilados em comparação ao pH da matéria natural se deve à fermentação e produção de ácido lático elevada durante o processo de conservação e ação microbiana anaeróbia, reduzindo o pH e controlando a proliferação e crescimento das bactérias e fungos.

Na Tabela 2, estão apresentadas as médias das temperaturas da silagem de milho. Nenhuma das variáveis avaliadas durante a fase de exposição aeróbia foi influenciada pelo tratamento aplicado na ensilagem do milho, não havendo interação significativa ($p<0,05$) entre as médias das temperaturas entre os tratamentos. Os resultados encontrados foram semelhantes aos encontrados por Junges (2010), medindo a estabilidade aeróbia durante 120 horas.

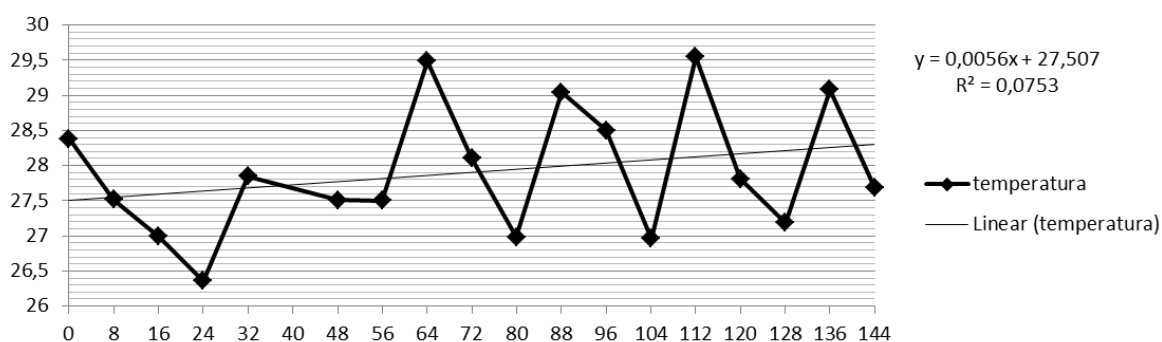
Tabela 2: Resultados da análise termográfica da Silagem de Milho de acordo como tempo de abertura do minissilo

Tratamento	Temperatura (° C)		
	Mínima	Media	Máxima
Tratamento 01	25,55	28,31	31,06
Tratamento 02	24,66	27,68	30,48
Tratamento 03	24,49	27,25	30,00
Tratamento 04	25,61	28,42	31,23
CV (%) *	5,39	4,51	3,57

*CV: Coeficiente de variação.

A estabilidade aeróbia é definida como o número de horas para elevação da temperatura em 2° C. Observando a média de temperatura, pode-se notar uma elevação na temperatura; quando atingiu 56 horas, a temperatura de 27,5 elevou-se para 29,5 (Figura 1). Junges (2010) obteve valores bastante próximos, aproximando das 50 horas houve o aumento da temperatura.

Figura 1: Linha de interação da média das temperaturas sobre as horas de exposição.



Silagens de milho em contato com o ar após sua abertura apresentam crescimento da população de leveduras. O crescimento de leveduras é a principal causa do início da deterioração aeróbia das silagens (Ranjit; Kung *et al.* 2000), consumindo ácido lático e fornecendo condições para o desenvolvimento de microrganismos oportunistas, os quais se tornam ativos metabolicamente, produzem calor e consomem nutrientes da silagem.

4 CONCLUSÃO

A cultivar da Agrocere AG 5055 Pro mostrou ser uma planta ideal para produção de silagem na região do Alto Paranaíba por apresentar bons resultados em relação à qualidade bromatológica. Quando ensilada no momento certo, obtêm boa fermentação após 21 dias de abertura, não havendo diferença significativa ($P>0,05$) da qualidade entre os tempos de abertura do silo. A média das temperaturas demonstrou que a quebra da estabilidade aeróbia ocorreu após 56 horas.

REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. 7. Ed. St. Paul, 1976. 256 p.
Approved methods of the AOAC- Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 16. Ed. Gaithersburg: AOAC International, 1997.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 11. Ed. Washington: AOAC, 1970.

CRUZ, J. C. *et al.* (ed.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001.

DEMINICIS, B. B.; VIEIRA, H. D.; JARDIM, L. G. Silagem de milho: características agrônomicas e considerações. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 10, n. 2, 2009.

ÍTAVO, L. C. V.; SANTOS, G. T.; JOBIM, C. C. Substituição da silagem de milho pela silagem do bagaço de laranja na alimentação de vacas leiteiras: consumo, produção e qualidade do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 5, p. 1498-1503, 2000.

JONES, D. I .H.; JONES, R. The effect of crop characteristics and ensiling methodology on grass silage 26fluente production. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 60, n. 2, p.73-81, 1995.

JUNGES, D. **Aditivo microbiano na silagem de milho em diferentes tempos de armazenamento e avaliação da estabilidade aeróbia por termografia em infravermelho**. 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós- Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

KLEINSCHMIT, D. H.; KUNG, L. A meta-analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn, grass and small grain silages. **Journal Dairy Science**, v. 89 p. 4005-4013, 2006.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage**. 2. Ed. Merlow: Chalcomb Publications, 1991.

NOVINSKI, C. O. **Composição de micotoxinas e bromatologia de silagens de milho em silos de grande porte utilizando imagens em infravermelho**. 2013. 85 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós- Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

RANJIT, NAVIN K.; KUNG, L. The Effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a Chemical Preservative on the Fermentation and Aerobic Stability of Corn Silage1. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 3, p. 526-535, 2000.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004. 235p.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, Oct. 1991.

VELHO, João Pedro *et al.* Composição bromatológica de silagens de milho produzidas com diferentes densidades de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia; Brazilian Journal of Animal Science**. Viçosa (MG), v. 36, n. 5, set./out. 2007, p. 1532-1538, 2007.

Atividade antagônica a *Rhizoctonia solani* por *Bacillus* spp. “*in vitro*”

Antagonistic activity of Bacillus spp. against Rhizoctonia solani In Vitro

MARIA EDUARDA SOUSA CAIXETA
Discente do curso de Agronomia (UNIPAM)
E-mail: mariasousa1@unipam.edu.br

THAIGORU SOARES DE SOUSA
Engenheiro Agrônomo (LAMAM)
E-mail: thaigorusouares@gmail.com

WALTER VIEIRA DA CUNHA
Professor orientador (UNIPAM)
E-mail: walter@unipam.edu.br

Resumo: A *Rhizoctonia solani*, responsável pela podridão radicular, é um patógeno que habita o solo e é de difícil controle. Desse modo, em busca de alternativas sustentáveis, o controle biológico é uma opção ao emprego de químicos para controlar essa doença. Entre os microrganismos utilizados, as bactérias do gênero *Bacillus* estão sendo estudadas devido a suas propriedades antagônicas contra os patógenos. Dessa forma, objetivou-se avaliar, *in vitro*, o potencial antagônico de *Bacillus* spp. sobre o crescimento micelial de *Rhizoctonia solani*. O experimento foi conduzido no laboratório GENE. Foi estudada a capacidade de inibição de nove isolados de *Bacillus* spp., (oito isolados extraídos de amostras de solo e um isolado comercial de *Bacillus subtilis*), sobre o desenvolvimento do fitopatógeno em cultivo pareado. Para isso, discos de meio BDA colonizados com o fungo foram colocados em uma extremidade da placa contendo meio BDA+AN. Os isolados de *Bacillus* spp. foram inoculados com o auxílio de alça de platina, fazendo-se uma risca na outra extremidade. As placas foram mantidas em BOD a 25° C e avaliadas aos três e sete dias de incubação, através de medições do crescimento micelial do fungo e do halo de inibição, além do cálculo de porcentagem de inibição do crescimento micelial. Dos nove isolados de *Bacillus* que foram testados, oito isolados inibiram o crescimento micelial de *R. solani*, diferenciando estatisticamente do tratamento controle. Os isolados GB-21, GB-14 e *Bacillus subtilis* destacaram-se, apresentando inibição da *R. solani* superior aos demais tratamentos, com valores variando de 5,3 a 50,1%. Os isolados GB-21, GB-15, GB-14, GB-11, GB-10 e *Bacillus subtilis* obtiveram halos entre 1,34 e 1,02 cm, diferenciando-se estatisticamente do controle. Desse modo, concluiu-se que os isolados de *Bacillus* spp. GB-21, GB-14 e o isolado comercial de *Bacillus subtilis* apresentaram potencial antagônico, *in vitro*, no controle do crescimento micelial de *Rhizoctonia solani*.

Palavras-chaves: *Bacillus subtilis*; controle biológico; inibição; isolados.

Abstract: *Rhizoctonia solani*, responsible for root rot, is a soil-dwelling pathogen that is challenging to control. Thus, in pursuit of sustainable alternatives, biological control presents a viable option to chemical applications for managing this disease. Among the microorganisms studied, bacteria from the genus *Bacillus* are being researched for their antagonistic properties against pathogens.

This study aimed to evaluate the in vitro antagonistic potential of *Bacillus* spp. on the mycelial growth of *Rhizoctonia solani*. The experiment was conducted at the GENE laboratory, examining the inhibition capacity of nine *Bacillus* spp. isolates (eight isolates from soil samples and one commercial isolate of *Bacillus subtilis*) on the development of the phytopathogen in paired culture. Disks of PDA medium colonized by the fungus were placed on one end of a plate containing PDA+NA medium. *Bacillus* spp. isolates were inoculated with a platinum loop, streaked on the opposite end of the plate. Plates were incubated at 25°C in a BOD chamber and assessed after three and seven days by measuring the fungal mycelial growth, inhibition halos, and calculating the percentage inhibition of mycelial growth. Of the nine *Bacillus* isolates tested, eight inhibited the mycelial growth of *R. solani*, statistically differing from the control. Isolates GB-21, GB-14, and *Bacillus subtilis* were notable, showing higher inhibition of *R. solani* than other treatments, with values ranging from 5.3% to 50.1%. Isolates GB-21, GB-15, GB-14, GB-11, GB-10, and *Bacillus subtilis* showed inhibition halos between 1.34 and 1.02 cm, statistically differing from the control. Thus, it was concluded that *Bacillus* spp. isolates GB-21, GB-14, and the commercial *Bacillus subtilis* isolate demonstrated antagonistic potential, in vitro, in controlling the mycelial growth of *Rhizoctonia solani*.

Key-words: *Bacillus subtilis*; biological control; inhibition; isolates.

1 INTRODUÇÃO

A *Rhizoctonia solani*, responsável pela podridão radicular, é um patógeno que habita o solo, possuindo grande número de hospedeiros, com alta capacidade de competição saprofítica, sobrevivendo por meio de estruturas de resistência e colonizando restos culturais (Oliveira; Mota; Vieira, 2016). Devido a isso, é apontado como um patógeno que possui difícil controle, necessitando de estudos sobre métodos alternativos de eliminação da doença (Oliveira *et al.*, 2011).

O uso de produtos químicos destaca-se como método de controle predominante para eliminar esse patógeno. No entanto, o uso intensivo e indiscriminado desses produtos pode selecionar variantes de fitopatógenos resistentes e suprimir microrganismos benéficos que sobrevivem no solo. Além disso, aumentam o custo de produção para o agricultor e causam efeitos contrários ao meio ambiente (Alves *et al.*, 2013).

Entre as alternativas ao emprego de químicos para o manejo de fitopatógenos, está o controle biológico, o qual utiliza organismos vivos para suprimi-los. Nesse método de controle, a doença é o resultado da interação entre patógeno, hospedeiro e uma série de microrganismos não patogênicos que também repousam no sítio de infecção (Solino *et al.*, 2017).

O modo de ação dos antagonistas sobre os patógenos pode ser por competição, predação, parasitismo, antibiose e indução de defesas do hospedeiro (Isaias *et al.*, 2014). Tais microrganismos podem aumentar ou limitar a atividade do patógeno e também ocasionar a resistência do hospedeiro. Um microrganismo tem o poder de interagir com outros, estabelecendo condições favoráveis ao desenvolvimento destes (Allwood *et al.*, 2008).

É considerada como uma característica comum do antagonista possuir mais de um mecanismo, visto que serão aumentadas as suas chances de sucesso (Isaias *et al.*,

2014). Algumas bactérias do gênero *Bacillus* apresentam três mecanismos principais, ou propriedades antagonistas, contra os fitopatógenos, sendo eles produção de substâncias químicas inibitórias, indução de resistência sistêmica e competição por substrato (Dorighello *et al.*, 2020).

Esse é um dos gêneros de bactérias que mais possuem estudos e que mais são utilizados no controle de doenças de solo, como também da parte aérea. Além disso, essas bactérias podem atuar como promotoras de crescimento, na solubilização de nutrientes, na produção de fitohormônios e na indução de resistência para os estresses abióticos (Clemente *et al.*, 2016).

Tendo em vista as características significativas dessas rizobactérias, elas são uma possibilidade viável no controle de doenças. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar, *in vitro*, o potencial antagonístico de *Bacillus* spp. sobre o crescimento micelial de *Rhizoctonia solani*.

2 METODOLOGIA

Este experimento foi conduzido, em fevereiro de 2024, no Laboratório de Genética e Biotecnologia (GENEB) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

2.1 OBTENÇÃO E PROCEDÊNCIA DOS ISOLADOS DO FITOPATÓGENO

O fungo *Rhizoctonia solani* foi isolado a partir de plantas de feijão que apresentavam sintomas típicos de podridão. Foram cortados discos de tecido com cerca de 0,5 cm de diâmetro dos locais com lesões, na região limítrofe entre a área lesionada e a área sadia. Logo após, esses discos foram desinfestados superficialmente em álcool 70% durante 30 segundos, depois foram colocados em solução de hipoclorito de sódio a 1% durante 1 minuto, em seguida, enxaguados com água destilada autoclavada e transferidos para placas de Petri com 9 cm de diâmetro, contendo como substrato o meio Batata Dextrose Agar (BDA). Seguidamente, as placas foram levadas para câmara tipo BOD à temperatura de 25° C, como descrito na literatura de Menezes e Assis (2004). Após o aparecimento das estruturas reprodutivas do fungo, foi realizada a repicagem para outras placas com meio BDA, até a obtenção de cultura pura (Fuga *et al.*, 2011).

2.2 OBTENÇÃO DE ISOLADOS DE *BACILLUS* SPP.

Amostras de solo coletadas na região de Patos de Minas (MG) foram usadas para o isolamento de *Bacillus* spp. Foi utilizado o método descrito no protocolo da World Health Organizations (WHO, 1985). Neste procedimento, cada amostra de 1 g de solo foi homogeneizada em 5 mL de solução salina (0,8 g NaCl/L) e submetida a agitação (120 rpm), por um período de 10 minutos. Uma alíquota de 1 mL foi transferida para tubo de micro centrífuga do tipo “eppendorf” e incubado em banho-maria à temperatura de 80° C durante 12 minutos e depois 5 minutos no gelo. Após choque térmico, para eliminar as células vegetativas, uma alíquota de 100 µL foi distribuída em placa de Petri contendo meio Agar-Nutriente (AN). Posteriormente, o material foi mantido em BOD à

temperatura de 30° C durante 36 horas. As colônias que cresceram foram separadas por meio da forma e da coloração.

Foram testados oito isolados de *Bacillus* spp. extraídos a partir de amostras de solo e um isolado comercial de *Bacillus subtilis*.

2.3 ANTAGONISMO ENTRE *BACILLUS* SPP. E *RHIZOCTONIA SOLANI* EM CULTIVO PAREADO

Foi utilizado o método de cultura pareada em placa de Petri contendo meio de cultura, conforme descrito por Dennis e Webster (1971), com algumas modificações. Para isso, o isolado fúngico foi transferido com estilete flambado para placas de Petri, contendo meio de cultura AN + BDA. Discos do meio colonizado com o fungo de aproximadamente 0,5 cm foram colocados em uma extremidade da placa. Os isolados de *Bacillus* spp. foram inoculados com o auxílio de alça de platina, fazendo-se uma risca na outra extremidade, com exceção das placas de controle, sem bactéria.

As placas foram mantidas à temperatura de 25° C em BOD, sendo avaliadas aos três e sete dias de incubação. O potencial de antagonismo dos isolados foi avaliado através de medições do crescimento micelial dos fitopatógenos e do halo de inibição, com o auxílio de paquímetro digital, conforme literatura modificada de Fuga *et al.* (2011). Além disso, foi calculada a porcentagem de inibição do crescimento micelial, através da aplicação da seguinte fórmula (Riungu *et al.*, 2008):

$$I\% = \frac{\text{diâmetro médio do controle} - \text{diâmetro médio do tratamento}}{\text{diâmetro médio do controle}} \times 100$$

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi adotado no trabalho o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com 10 tratamentos e 5 repetições, considerando-se cada placa uma unidade experimental, totalizando 50 parcelas. Os tratamentos estão identificados na Tabela 1.

Tabela 1: Tratamentos utilizados no ensaio de antagonismo entre *Bacillus* spp. e *Rhizoctonia solani* em cultivo pareado
Patos de Minas, MG, 2024

Tratamento	Descrição
T1	Controle
T2	<i>Bacillus subtilis</i>
T3	GB-01
T4	GB-04
T5	GB-05
T6	GB-10
T7	GB-11
T8	GB-14
T9	GB-15
T10	GB-21

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, no software Sisvar (Ferreira, 2014).

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 2, aos sete dias de incubação, todos os tratamentos foram diferentes do controle, com exceção do isolado GB-01, indicando que, nesse experimento, esse isolado não inibiu o crescimento micelial do fitopatógeno. Os isolados GB-21, GB-14 e o isolado comercial de *Bacillus subtilis* destacaram-se, inibindo o desenvolvimento da *Rhizoctonia solani*, em 50,1, 47,8 e 45,9%, respectivamente, aos sete dias de incubação. Além disso, verificou-se que os resultados da avaliação dos sete dias de incubação seguiram a tendência observada na análise dos três dias de incubação.

Tabela 2: Crescimento micelial (cm) e porcentagem de inibição de *Rhizoctonia solani* em teste de cultivo pareado com isolados de *Bacillus* spp, aos três e sete dias de incubação Patos de Minas (MG), 2024

Isolado	Incubação por 3 dias			Incubação por 7 dias		
	Crescimento micelial (cm)*		Inibição (%)	Crescimento micelial (cm)*		Inibição (%)
GB-21	3,34	a	29,5	3,78	a	50,1
GB-14	3,62	ab	23,7	3,96	ab	47,8
<i>Bacillus subtilis</i>	3,92	abc	17,3	4,10	ab	45,9
GB-11	3,96	abc	16,5	4,54	bc	40,1
GB-15	4,04	abc	14,8	4,54	bc	40,1
GB-10	3,98	abc	16,0	4,58	bcd	39,6
GB-05	4,16	abc	12,2	5,22	cd	31,1
GB-04	4,54	bc	4,2	5,30	d	30,1
GB-01	4,74	c	-1,7	7,18	e	5,3
Controle	4,82	c	0,0	7,58	e	0,0
CV (%) =	11,21			6,80		
DMS =	0,976			0,731		

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores de inibição variaram de 5,3 a 50,1% entre os isolados testados neste trabalho (Tabela 2). Os autores Brzezinska e Jankiewicz (2012) descreveram em seu estudo quatro critérios para avaliação da porcentagem de inibição: sem inibição (0-20%), inibição moderada (21-30%), inibição forte (31-50%) e inibição muito forte (>50%). Seguindo esses critérios, todos os isolados, exceto o GB-04 e GB-01, apresentaram inibição forte.

Muitos trabalhos foram realizados com o objetivo de selecionar bactérias inibitórias de fungos fitopatogênicos, como o de Fuga (2013) que constatou em seu trabalho que oito dos 46 isolados testados inibiram o crescimento micelial de *Sclerotium cepivorum* entre 42,2 e 50,2%. Também, o trabalho de Mercês e Macambira (2017) no teste de antagonismo de *Bacillus* spp. contra *R. solani*, onde 96% dos 26 isolados testados manifestaram potencial de inibição sobre o fitopatógeno, comprovando o potencial de *Bacillus* spp. para o controle *in vitro* de *R. solani*.

Esses resultados corroboram os deste estudo, visto que cerca de 88% dos isolados testados inibiram o crescimento do fungo. De certa forma, esse resultado pode estar relacionado com a antibiose, pois acontece a interação entre organismos, ocorrendo a inibição de um deles por meio da produção de metabólitos (Alves, 2017). Tais metabólitos podem ser antibióticos, quitinases, glucanases e outros tipos de polipeptídeos, que, mesmo em pequenas quantidades, podem diminuir de forma considerável o crescimento do fitopatógeno (Amin *et al.*, 2012; Fuga, 2013).

Além disso, algumas espécies de bactérias, como *Bacillus subtilis*, podem causar deformidades na morfologia das hifas do fungo, causando destruição do micélio — o que foi comprovado no trabalho de Jain *et al.* (2018), que obtiveram inibição do crescimento micelial de *R. solani* *in vitro* com *Bacillus subtilis*, conseguindo inibir 81% do crescimento do patógeno, em concordância com os resultados desse trabalho.

No Brasil, atualmente, existem 51 isolados de *Bacillus* para controle de doenças, destes, somente 11 isolados são para controle de *R. solani* (AGROFIT, 2024). Ao verificar a Tabela 2, nota-se que os isolados GB-21 e GB-14 foram estatisticamente iguais ao isolado comercial de *Bacillus subtilis*, demonstrando potencial para se tornarem produtos comerciais para o controle de *R. solani*.

Em relação ao halo de inibição, os isolados de *Bacillus* spp. GB-11, GB-21, GB-10, GB-14, GB-15 e o isolado comercial de *Bacillus subtilis*, após os sete dias de incubação, obtiveram halos entre 1,34 e 1,02 cm. Já os isolados GB-05, GB-04, GB-01, aos sete dias de incubação, não se diferenciaram do tratamento controle, que possuía somente a *R. solani*. Ao se analisar o resultado aos três dias de incubação, observa-se que aos sete dias foi seguida a mesma tendência (Tabela 3).

Tabela 3: Halo de inibição (cm) de *Bacillus* spp. sobre *Rhizoctonia solani* em teste de cultivo pareado, aos três e sete dias de incubação
Patos de Minas (MG), 2024

Isolado	Incubação por 3 dias		Incubação por 7 dias
	Halo de inibição (cm)*		Halo de inibição (cm)*
GB-11	1,78	a	1,24

GB-21	1,76	a	1,02
GB-10	1,74	a	1,14
GB-14	1,68	a	1,34
GB-15	1,58	ab	1,06
<i>Bacillus subtilis</i>	1,44	ab	1,26
GB-05	1,36	ab	0,04
GB-04	0,98	ab	0,10
GB-01	0,76	bc	0,00
Controle	0,00	c	0,00
CV (%) =	33,09		35,55
DMS =	0,916		0,542

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No experimento de Rodrigues (2019), ao analisar o grau de inibição entre *Bacillus* spp. e *Sclerotium cepivorum*, não houve diferença entre o diâmetro dos halos, propondo homogeneidade no grau de inibição entre os isolados selecionados. Tais resultados distinguem deste estudo, uma vez que foi observado presença de halo de inibição estatisticamente diferentes em seis dos nove isolados que foram testados.

No trabalho realizado por Pereira (2021), foram testados nove isolados de *Bacillus* spp. e cinco deles apresentaram halo de inibição sobre *S. cepivorum*. Assim, a presença de halo de inibição, como o apresentado no presente estudo, indica que a bactéria produziu substâncias que impediram o crescimento do fungo, inibindo seu desenvolvimento no meio de cultura.

Avaliando as médias do diâmetro do halo, observa-se que esse fator não está diretamente ligado com o crescimento micelial de *R. solani*, nesse experimento. Ao comparar diferentes isolados de bactérias do gênero *Bacillus*, é notória a diferença na inibição de fitopatógenos, em razão do comportamento, observando a relação entre porcentagem de inibição e o tamanho do halo formado, e da produção de compostos antimicrobianos que cada espécie possui. Nesse contexto, são inúmeras as espécies de *Bacillus* apresentadas como produtoras de antibióticos, as quais podem expelir metabólitos de importância comercial, como enzimas aminolíticas e proteolíticas (Bettiol; Ghini, 1995).

Devido às condições de laboratório serem controladas para que o isolado apresente o máximo de desempenho, nem sempre os bons resultados de antagonismo *in vitro* são indicadores de eficiência em manejos; por isso, estudos em campo devem ser realizados para validar a eficácia desses isolados.

4. CONCLUSÃO

Os isolados de *Bacillus* spp. GB-21, GB-14 e o isolado comercial de *Bacillus subtilis* apresentaram potencial antagonico, *in vitro*, no controle do crescimento micelial de *Rhizoctonia solani*.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários - **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil**. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons.
- ALLWOOD, J. W. ELLIS, D. I., GOODACRE, R. Metabolomic technologies and their application to the study of plants and plant–host interactions. **Physiologia plantarum**, 132(2), 117-135, 2008.
- ALVES, E. N. T. D.; MARRIEL, I. E.; OLIVEIRA, C. A. de; COSTA, R. V. da; COTA, L. V.; SILVA, D. D. da; MATTOS, B. B.; VERDOLIN, A. L. G. Seleção de microrganismos antagonistas para biocontrole de *Fusarium verticillioides* na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 26 p. ISSN 1679-0154; 75.
- ALVES, F. H. N. da S. **Seleção de isolados de *Bacillus* spp. com potencial antagonista para controle de *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense**. 2017. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- AMIN, A.; KHAN, M. A.; EHSANULLAH, M.; HAROON, U.; AZAM, S. M. F.; HAMEEDET, A. Production of peptide antibiotics by *Bacillus* sp: GU 057 indigenously isolated from saline soil. **Brazilian Journal Microbiology**, v. 43, p. 1340-1346, 2012.
- BETTIOL, W.; GHINI, R. Controle Biológico. In: BERGAMIN, A. F.; KIMATI, H.; AMORIN, L. **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 717-728, 1995.
- BRZEZINSKA, M. S.; JANKIEWIEZ, U. Production of antifungal chitinase by *Aspergillus niger* LOCK 62 and its potential role in the biological control. **Curr Microbiol**, v. 65, p. 666– 672, 2012.
- CLEMENTE, J. M.; CARDOSO, C. R.; VIEIRA, B. S.; FLOR, I. da M., COSTA, R. L. Use of *Bacillus* spp. as growth promoter in carrot crop. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 35, p. 3355-3359, 2016.
- DENNIS, C.; WEBSTER, J. Antagonistic properties of species groups of *Trichoderma* III. Hyphal interactions. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 57, p. 359-363, 1971.
- DORIGHELLO, D. V.; FORNER, C.; LEITE, R. M. V. B. de C.; BETTIOL, W. Management of Asian soybean rust with *Bacillus subtilis* in sequential and alternating fungicide applications. **Australasian Plant Pathology**, v. 49, n.1, p.79-86, 2020.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênc. agrotec.** 2014, vol.38, n.2, pp. 109-112. Disponível em: ISSN 1413-7054.

FUGA, C. A. G., GONÇALVES, D. C., CUNHA, W. V. da. Inibição do crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides* por *Bacillus* spp. “in vitro”. **Perquirere**, Patos de Minas, v. 1, n. 8, p. 188-194, jul. 2011.

FUGA, C. A. G. **Prospecção de microrganismos e substâncias de origem vegetal para o controle de *Sclerotium cepivorum***. 2013. 52 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, 2013.

ISAIAS, C. O.; MARTINS, I.; SILVA, J. B. T. da; SILVA, J. P. da; MELLO, S. C. M. de. Ação antagonista e de metabólitos bioativos de *Trichoderma* spp. contra os patógenos *Sclerotium rolfsii* e *Verticillium dahliae*. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 1, p. 34-41, 2014.

JAIN, S; VAISHNAV, A.; VARMA, A.; CHOUDHARY, D. K. (2018). Comparative expression analysis of defence-related genes in *Bacillus*-treated *Glycine max* upon challenge inoculation with selective fungal phytopathogens. **Current science**, 115(10), 1950.

MENEZES, M.; ASSIS, S. M. P. **Guia prático para fungos fitopatogênicos**. 2. ed. Recife, Imprensa Universitária, UFRPE, 2004.

MERCÊS, E. de P. R. das; MACAMBIRA, L. C. **Potencial antagonista in vitro de isolados de *Trichoderma* spp., *Pseudomonas* spp. e *Bacillus* spp. no biocontrole de *Rhizoctonia solani*, agente causal da mela do feijão-caupi**. 2017. 30 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal Rural do Amazonas, Belém, 2017.

OLIVEIRA, L. J. M. G de; SILVA, M. S. B. dos S.; SILVA, LIMA O. de D. R.; ROCHA, E. R. C.; SANTOS, L. V. S., RODRIGUES, A. A. C. Avaliação *in vitro* do antagonismo de *Bacillus* spp. a *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopercisi*. **Caderno de Agroecologia**. v. 6, p. 1-5, 2011.

OLIVEIRA, R. M. de; MOTA, D. H. da; VIEIRA, B. S. Desenvolvimento de sementes de café com diferentes estruturas e sua interação com o fungo *Rhizoctonia solani*. **Revista Cerrado Agrociências**, Patos de Minas, v. 7, p. 19-27, dez. 2016.

PEREIRA, A. **Controle biológico de *Sclerotium cepivorum* mediado por *Bacillus* spp. na cultura do Alho (*Allium sativum*)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Campus Curitibaanos, 2021.

RODRIGUES, S. *Bacillus spp. como promotores de crescimento e no controle de Sclerotium cepivorum in vitro*. 2019. 44 f. TCC (Bacharelado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Curitibanos, 2019.

RIUNGU, G.; MUTHOMI, J. W.; NARLA, R. D.; WAGACHA, J. M.; GATHUMBI, J. K. Management of *Fusarium* head blight of wheat and deoxynivalenol accumulation using antagonistic microorganisms. **Plant Pathology**, v. 7, p. 13-19, 2008.

SOLINO, A. J. D. S.; OLIVEIRA, J. B. S.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; ALENCAR, M. S. R.; RIBEIRO, L. M. (2017). Potencial antagonista e controle *in vitro* de *Alternaria solani* por fungos sapróbios. **Summa Phytopathologica**, v. 43, n. 3, p. 199-204, 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Informal Consultation on the Development of *Bacillus sphaericus* as a microbial larvicide. Genebra, UNDP/World Bank/ **Who Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases**, 1985.

Influência de doses e fontes de nutrientes na fisiologia de plantas de café

Influence of nutrient doses and sources on the physiology of coffee plants

CILAS DE SOUZA SILVA JUNIOR

Bacharel em Agronomia (UNIPAM)

E-mail: cilasjunior@unipam.edu.br

FLÁVIA MARINA SOUSA CORRÊIA

Discente de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: flaviamarina@unipam.edu.br

RIAN SOARES COSTA

Discente de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: riansoaresc@unipam.edu.br

MARCELO FAGIOLI

Bacharel em Agronomia (UNB)

E-mail: mfagioli@unb.br

DIEGO HENRIQUE DA MOTA

Professor Orientador (UNIPAM)

E-mail: diegoh@unipam.edu.br

Resumo: No Brasil, a produção de café possui grande relevância econômica e social. Entretanto, há escassez de informações sobre sua distribuição espacial e as relações com o meio ambiente. A baixa eficiência no aproveitamento do nitrogênio pode afetar o crescimento e a nutrição do cafeeiro, impactando a eficácia da adubação nitrogenada. Estima-se que cerca de um quarto do gasto energético das plantas seja destinado à conversão de nitrato em amônio. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo analisar diferentes fontes de adubos nitrogenados e sua relação com a atividade enzimática em cafeeiros. O experimento foi conduzido na Escola Agrotécnica Afonso Queiroz, em parceria com o Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), localizada em Patos de Minas, MG. Utilizou-se um delineamento experimental em blocos casualizados (DBC) no esquema 3x4+1, com quatro tratamentos e cinco blocos, totalizando 20 parcelas experimentais. Cada parcela continha 16 plantas, com espaçamento de 2,7 m entre linhas e 0,5 m entre plantas, resultando em 128 m lineares por parcela. Aos 120 dias após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados, foram coletadas folhas para análise e mensuração da atividade enzimática (catalase, peroxidase, superóxido dismutase e peroxidação lipídica). Concluiu-se que as doses e fontes de adubação nitrogenada influenciam a atividade enzimática nas plantas de café, observando-se variações significativas na atividade enzimática conforme diferentes doses e fontes de nitrogênio.

Palavras-chave: peroxidase; catalase; superóxido dismutase; peroxidação lipídica.

Abstract: In Brazil, coffee production holds significant economic and social relevance. However, there is a lack of information regarding its spatial distribution and its relationship with the environment. The low efficiency in nitrogen utilization can affect the growth and nutrition of coffee plants, impacting the effectiveness of nitrogen fertilization. It is estimated that about a quarter of a plant's energy expenditure is directed toward converting nitrate into ammonium. Therefore, the aim of this study was to analyze different sources of nitrogen fertilizers and their relationship with enzymatic activity in coffee plants. The experiment was conducted at the Afonso Queiroz Agrotechnical School, in partnership with the University Center of Patos de Minas (UNIPAM), located in Patos de Minas, MG. A randomized block design (RBD) was used in a 3x4+1 scheme, with four treatments and five blocks, totaling 20 experimental plots. Each plot contained 16 plants, with a spacing of 2.7 m between rows and 0.5 m between plants, resulting in 128 linear meters per plot. At 120 days after the application of nitrogen fertilizers, leaves were collected for analysis and measurement of enzymatic activity (catalase, peroxidase, superoxide dismutase, and lipid peroxidation). It was concluded that the doses and sources of nitrogen fertilization influence enzymatic activity in coffee plants, with significant variations in enzymatic activity observed according to different doses and nitrogen sources.

Keywords: peroxidase; catalase; superoxide dismutase; lipid peroxidation.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a produção de café possui grande relevância econômica e social, gerando uma receita anual de aproximadamente US\$ 2 bilhões e exportando cerca de 26 milhões de sacas por ano. Esse setor contribui com mais de 2% do valor total das exportações brasileiras e representa mais de um terço da produção mundial. O mercado cafeeiro segue em expansão e, globalmente, movimenta cerca de US\$ 91 bilhões ao ano com a comercialização de aproximadamente 115 milhões de sacas. Essa cadeia produtiva envolve, desde a produção até o consumo final, meio bilhão de pessoas, representando cerca de 8% da população mundial.

A produção de café arábica no Brasil está concentrada nos estados de Minas Gerais, que responde por 54,3% da produção nacional, Espírito Santo com 19,7%, São Paulo com 9,8%, Rondônia com 4,3% e Paraná com 2,7%. Na safra de 2021, a produção total de café no Brasil foi de 48,80 milhões de sacas de 60 kg, das quais 33,36 milhões correspondem à espécie arábica e 15,44 milhões ao café conilon. Esta estimativa representa uma redução de 22,6% em relação à safra de 2020, que totalizou 63,07 milhões de sacas. Ao comparar as safras de 2021 e 2020, observa-se uma queda de 31,5% na produção de arábica, enquanto a produção de conilon registrou um aumento de 7,9% (Ferreira, 2018).

Para o pleno desenvolvimento e máxima produtividade do cafeeiro, é essencial a disponibilidade adequada de macro e micronutrientes, conforme a exigência quantitativa específica de cada elemento. De modo geral, os solos não apresentam equilíbrio e disponibilidade suficientes desses nutrientes essenciais, tornando a adubação uma prática indispensável nos cafezais. A fertilização deve ser baseada na fertilidade natural do solo, na avaliação do estado nutricional da lavoura, nas necessidades nutricionais da planta e, entre outras características do sistema de cultivo, na capacidade de absorção e utilização eficiente dos nutrientes pela cultivar empregada.

Pesquisadores do extinto Instituto Brasileiro do Café quantificaram as necessidades nutricionais das variedades Mundo Novo e Catuaí desde o plantio (mudas com seis meses) até a fase produtiva (66 meses após o plantio), concluindo que ambas as variedades apresentam exigências similares em termos de nutrientes. Os macronutrientes mais requisitados foram N e K, seguidos de Ca, Mg, P e S. Em estudo de Chagas *et al.* (2019) sobre as necessidades de macronutrientes da variedade Catuaí aos dois, três, quatro e cinco anos de idade, nas fases fenológicas de repouso (julho), granação (janeiro) e maturação (junho), verificou-se que o acúmulo de nutrientes no caule, folhas e ramos varia conforme a idade e a época do ano, com exceção do K, que atingiu os maiores valores aos cinco anos em todas as épocas. A demanda por N mostrou-se crescente com a idade. Observou-se, ainda, que a variedade aos cinco anos de campo exportava, pela colheita e em função do conteúdo total da planta, 45% de N, 56% de P e 62% de K.

Nesse contexto, o nitrogênio (N) apresenta uma dinâmica complexa no solo, com elevadas perdas, considerando que a maior parte do N disponível tem origem orgânica, integrando a matéria orgânica do solo (MOS). De acordo com Cantarella (2007), o processo de mineralização da MOS libera N na forma de amônio (NH_4^+), o qual, juntamente com o nitrato (NO_3^-), constitui uma fonte de N para as plantas. O nitrogênio é um elemento essencial para vários compostos vegetais, especialmente aminoácidos, ácidos nucleicos e clorofila. Segundo Epstein e Bloom (2005), aproximadamente um quarto do consumo energético das plantas destina-se à conversão de nitrato em amônio.

Para incrementar a produção agrícola, o uso de fertilizantes nitrogenados é essencial, sustentando aproximadamente 40% da população global, o que o coloca em posição central na cadeia de insumos agrícolas (Mosier; Galloway, 2005). Contudo, a baixa eficiência na absorção de nitrogênio pode comprometer o crescimento e a nutrição do cafeeiro, tornando fundamental a busca por maior eficiência na adubação nitrogenada (Chagas *et al.*, 2019). Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar diferentes fontes de adubos nitrogenados e sua relação com a atividade enzimática das plantas.

2 METODOLOGIA

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Canavial, pertencente ao Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), localizada no município de Patos de Minas, estado de Minas Gerais. A região possui uma altitude média de 832 m e apresenta clima classificado como Aw, segundo Köppen e Geiger, caracterizado como tropical com estação chuvosa de novembro a abril e uma estação seca bem definida durante o inverno. A temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C, e o índice pluviométrico anual varia de 750 mm a 1800 mm. O experimento foi conduzido entre janeiro e julho de 2022, utilizando a cultivar Catuaí Vermelho.

Utilizou-se um delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), com esquema 3 x 4 + 1, totalizando treze tratamentos que variaram em fontes e doses de fertilizantes, além de quatro blocos, perfazendo 52 parcelas experimentais. Incluiu-se um tratamento controle, sem aplicação de fertilizantes. Conforme descrito na Tabela 1, cada

parcela continha 16 plantas, com espaçamento de 2,7 metros entre linhas e 0,5 metros entre plantas, resultando em um total de 128 metros lineares por parcela.

Tabela 1: Descrição dos tratamentos no experimento conduzido no Centro
Universitário de Patos de Minas (UNIPAM)
Patos de Minas, 2022

Tratamentos	Descrição	Fórmula NPK	Dose (kg.ha ⁻¹)
T ₁	Mineral convencional 125%	20-02-20	3.000,0
T ₂	Mineral convencional 100%	20-02-20	2.000,0
T ₃	Mineral convencional 75%	20-02-20	1.500,0
T ₄	Mineral convencional 50%	20-02-20	1.000,0
T ₅	Mineral com polímero 125%	16-02-16	3.750,0
T ₆	Mineral com polímero 100%	16-02-16	2.500,0
T ₇	Mineral com polímero 75%	16-02-16	1.875,0
T ₈	Mineral com polímero 50%	16-02-16	1.250,0
T ₉	Organomineral farelado 125%	14-02-14	4.285,5
T ₁₀	Organomineral farelado 105%	14-02-14	2.857,0
T ₁₁	Organomineral farelado 75%	14-02-14	2.142,0
T ₁₂	Organomineral farelado 50%	14-02-14	1.428,0
T ₁₃	Controle	-	-

No experimento, realizou-se uma aplicação em área total de boro, magnésio e calcário para correção das deficiências desses nutrientes no solo. A metodologia seguiu as dosagens de 40 kg ha⁻¹ de Ulexita e 1,5 toneladas ha⁻¹ de calcário dolomítico (com poder de neutralização relativo total — PNRT de 85%). Como a aplicação foi feita nas linhas de plantio, distribuiu-se 300 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico ao longo de cada linha de cafeeiros.

3 AVALIAÇÕES

3.1 COLETA E EXTRAÇÃO DO MATERIAL VEGETAL

Para as análises, foram coletados três trifólios por parcela, os quais foram envolvidos em papel alumínio e armazenados em nitrogênio líquido para evitar a oxidação das amostras. Posteriormente, as amostras foram maceradas com a ajuda de nitrogênio líquido, e, em seguida, adicionou-se 4 mL de tampão de fosfato de potássio a 0,1 mol L⁻¹ (pH 6,8) para diluição do extrato. As amostras foram transferidas para tubos

de Eppendorf e centrifugadas a 10.000 rpm (6.000 g) por 30 minutos a 4 °C. Após a centrifugação, as amostras foram armazenadas a -20 °C para determinação posterior dos teores de SOD, CAT e POD.

3.2 DETERMINAÇÃO DA ENZIMA SOD

A atividade da SOD foi determinada conforme a metodologia de Beauchamp e Fridovich (1971). Durante a preparação dos reagentes, todos os recipientes foram envoltos em papel alumínio para evitar reações com a luz. Para iniciar as análises, adicionou-se a 2.000 µL de tampão de fosfato de sódio (50 mmol L⁻¹, pH 7,8) a um tubo de ensaio, seguido por 30 µL de extrato enzimático, 450 µL de solução de Nitroblue Tetrazolium (NBT) + EDTA (5:4) e 500 µL de solução de Metionina + Riboflavina (1:1). Todas as amostras foram preparadas em duplicata. Após o preparo do sistema de reação, uma das amostras foi exposta à luz durante 10 minutos, sem o papel alumínio, enquanto a outra permaneceu coberta com o papel alumínio. Após esse período, as leituras de absorbância foram realizadas a 560 nm em espectrofotômetro.

3.3 DETERMINAÇÃO DA ENZIMA CAT

A atividade da CAT foi determinada colocando-se as amostras em um tubo de ensaio contendo 1.900 µL de tampão fosfato de sódio (50 mmol L⁻¹, pH 7,0), 12,5 mmol L⁻¹ de H₂O₂ e 100 µL de extrato enzimático, resultando em um volume final de 2 mL. As leituras de absorbância foram realizadas a 240 nm, sendo realizadas aos 10 e 50 segundos para permitir a estabilização da leitura. As medições foram realizadas com luz visível apagada e com luz ultravioleta. Para esta avaliação, foi necessário utilizar cubetas de quartzo, que permitem uma leitura mais precisa. Para os cálculos da atividade da enzima, utilizou-se o coeficiente de extinção molar do H₂O₂ de 39,4 mmol L⁻¹ cm⁻¹. A atividade da catalase foi expressa em nmol de H₂O₂ consumido min⁻¹ mg⁻¹ de proteína (Peixoto, 1999).

3.4 DETERMINAÇÃO DA ENZIMA POD

A atividade da POD foi determinada de acordo com Teisseire e Guy (2000). Para isso, adicionou-se a um tubo de ensaio 500 µL de tampão fosfato de potássio (50 mmol L⁻¹, pH 6,5), 30 µL de extrato enzimático, 250 µL de pirogalol (1,2,3-benzenotriol) (20 mmol L⁻¹) e 220 µL de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) (5 mmol L⁻¹), totalizando um volume final de 1 mL. Posteriormente, os tubos de ensaio foram mantidos por 5 minutos à temperatura de aproximadamente 25 °C. Após esse período, a formação de purpurogalina foi determinada em espectrofotômetro UV-visível, a 430 nm. Para o cálculo da atividade enzimática, utilizou-se o coeficiente de extinção molar de 2,5 mmol L⁻¹ cm⁻¹, sendo a atividade expressa em µmol de purpurogalina min⁻¹ mg⁻¹ de proteína.

3.5 DETERMINAÇÃO DA PL

A peroxidação lipídica foi determinada de acordo com a técnica de Heath e Packer (1968). Para isso, pesaram-se 200 mg de material vegetal moído, que foram homogeneizados em 5 mL de solução contendo ácido tiobarbitúrico (TBA) a 0,25% e ácido tricloroacético (TCA) a 10%. A mistura foi transferida para tubos de ensaio com rosca e envoltos em papel filme, sendo então incubada em banho-maria a 90 °C por 1 hora. Após resfriamento, o homogeneizado foi centrifugado a 10.000 x g por 15 minutos à temperatura ambiente. O sobrenadante de cada amostra foi coletado e submetido a leituras de absorbância em espectrofotômetro UV-visível a 560 e 600 nm.

4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, em seguida, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey. Diferenças com $p < 0,05$ foram consideradas significativas. Para as análises estatísticas, foi utilizado o software SISVAR.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o parâmetro de atividade enzimática da peroxidase (Tabela 2), observou-se que o tratamento 8 (Mineral com polímero na dosagem de 50%) apresentou resultados superiores aos demais. Esse resultado pode ser explicado pela maior presença da atividade enzimática responsável por características de resistência nas amostras coletadas para esse tratamento, uma vez que, segundo Anguelova-Merhar, Westhuizen e Pretorius (2002), a indução de peroxidases está associada à resistência das plantas frente a doenças.

Tabela 2: Descrição do parâmetro peroxidase, no experimento conduzido no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM)
Patos de Minas, 2022

Tratamentos	Descrição	Peroxidase (U)
T ₁	Mineral convencional 125%	2,77c
T ₂	Mineral convencional 100%	2,64c
T ₃	Mineral convencional 75%	1,16c
T ₄	Mineral convencional 50%	3,11c
T ₅	Mineral com polímero 125%	2,52c
T ₆	Mineral com polímero 100%	2,41bc
T ₇	Mineral com polímero 75%	1,06c
T ₈	Mineral com polímero 50%	4,85a

T ₉	Organomineral farelado 125%	0,98d
T ₁₀	Organomineral farelado 105%	3,00c
T ₁₁	Organomineral farelado 75%	3,23ab
T ₁₂	Organomineral farelado 50%	2,66c
T ₁₃	Controle	2,61c

Médias seguidas pelas mesmas letras não apresentam diferenças estatísticas significativas conforme o teste de Tuckey ao nível de 5% de probabilidade ($p>0,05$).

Em relação à atividade enzimática da catalase (Tabela 3), observou-se que o tratamento 9 (Organomineral farelado na dosagem de 125%) apresentou maior atividade enzimática da enzima catalase (CAT). Esse resultado sugere que o tratamento 9 gerou amostras foliares com maior presença de patógenos, em comparação aos demais tratamentos. Por outro lado, o tratamento que apresentou a menor média (MineFral com polímero 125%) mostrou um menor ataque ou maior resistência a patógenos. A CAT é a principal enzima de detoxificação do H₂O₂ nas plantas, sendo capaz de dismutar diretamente o H₂O₂ ou oxidar substratos como metanol, etanol, formaldeído e ácido fórmico. As enzimas CAT atuam como um mecanismo de limpeza do H₂O₂ celular, e sua maior atividade enzimática está associada a plantas que possuem maior interação com patógenos (Breusegem *et al.*, 2001).

A catalase está envolvida no processo de defesa da planta da seguinte maneira: durante a resposta de defesa, o primeiro passo para a geração de enzimas antioxidantes (EROS) a partir do oxigênio molecular (O₂) é a formação do radical ou ânion superóxido, um processo mediado geralmente pelas enzimas NADPH-oxidase, ligadas à membrana plasmática, ou peroxidase, ligada à parede celular. O radical superóxido é altamente tóxico e pode rapidamente regenerar oxigênio molecular ou ser convertido em peróxido de hidrogênio pela enzima superóxido dismutase (SOD). Posteriormente, as enzimas catalases atuam na detoxificação do peróxido de hidrogênio (Apel; Hirt, 2004).

Tabela 3: Descrição dos resultados da enzima catalase (CAT), nos tratamentos no experimento conduzido no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) Patos de Minas, 2022

Tratamentos	Descrição	Catalase (U)
T ₁	Mineral convencional 125%	1216,15bc
T ₂	Mineral convencional 100%	1385,77ab
T ₃	Mineral convencional 75%	631,44cdef
T ₄	Mineral convencional 50%	862,47def
T ₅	Mineral com polímero 125%	454,32g
T ₆	Mineral com polímero 100%	923,05bcd

T ₇	Mineral com polímero 75%	1025,01cde
T ₈	Mineral com polímero 50%	1193,45cdef
T₉	Organomineral farelado 125%	2020,75a
T ₁₀	Organomineral farelado 105%	1262,36de
T ₁₁	Organomineral farelado 75%	1176,44cde
T ₁₂	Organomineral farelado 50%	1385,77ef
T ₁₃	Controle	1458,33ab

Médias seguidas pelas mesmas letras não apresentam diferenças estatísticas significativas conforme o teste de Tuckey ao nível de 5% de probabilidade ($p>0,05$).

A Tabela 4 mostra que, entre os tratamentos observados, o tratamento 1 (Mineral convencional na dosagem de 125%) apresentou maior atividade enzimática da superóxido dismutase (SOD). De acordo com Saath (2010), uma elevada atividade dessa enzima em plantas promove proteção e tolerância ao estresse, pois ela confere resistência. Gomes-Júnior *et al.* (2006), ao estudarem o metabolismo antioxidante em cafeeiro, observaram um aumento na atividade da SOD devido ao estresse causado pela presença de cádmio. Vale ressaltar que Figueiredo *et al.* (2013) relacionam uma menor ativação da enzima SOD à produção de grãos de melhor qualidade.

Tabela 4: Descrição dos resultados da enzima superóxido dismutase (SOD), nos tratamentos no experimento conduzido no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM)

Patos de Minas, 2022

Tratamentos	Descrição	Superóxido dismutase (U)
T₁	Mineral convencional 125%	492,59a
T ₂	Mineral convencional 100%	387,90bcde
T ₃	Mineral convencional 75%	441,06cde
T ₄	Mineral convencional 50%	410,27cde
T ₅	Mineral com polímero 125%	443,53cde
T ₆	Mineral com polímero 100%	321,31abc
T ₇	Mineral com polímero 75%	258,36f
T ₈	Mineral com polímero 50%	395,59bcde
T ₉	Organomineral farelado 125%	276,83ab
T ₁₀	Organomineral farelado 105%	449,22de

T ₁₁	Organomineral farelado 75%	352,85abcd
T ₁₂	Organomineral farelado 50%	385,78bcde
T ₁₃	Controle	378,61abcde

Médias seguidas pelas mesmas letras não apresentam diferenças estatísticas significativas conforme o teste de Tuckey ao nível de 5% de probabilidade ($p>0,05$).

Por fim, a Tabela 5 evidencia que, em relação à atividade de peroxidação lipídica, o tratamento 4 (Mineral convencional na dosagem de 50%) apresentou menores atividades desse fator. A peroxidação lipídica (PL) está relacionada ao estresse oxidativo, que resulta do aumento de espécies reativas de oxigênio (EROS), as quais podem causar danos também às proteínas (Smirnoff, 1993).

Logo, é possível associar a maior peroxidação lipídica a uma maior exposição da planta a fatores bióticos e abióticos, além de uma maior susceptibilidade a esses fatores. Com base nisso, pode-se concluir que os resultados obtidos indicam que a boa nutrição proporcionada pelo tratamento 4 contribuiu para a menor atividade enzimática frente a essas espécies reativas de oxigênio.

Tabela 5: Descrição dos resultados da peroxidação lipídica (PL), nos tratamentos no experimento conduzido no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) Patos de Minas, 2022

Tratamentos	Descrição	Peroxidação lipídica (U)
T ₁	Mineral convencional 125%	32,29b
T ₂	Mineral convencional 100%	27,61ab
T ₃	Mineral convencional 75%	27,98ab
T₄	Mineral convencional 50%	21,46a
T ₅	Mineral com polímero 125%	25,99ab
T ₆	Mineral com polímero 100%	33,27b
T ₇	Mineral com polímero 75%	24,98ab
T ₈	Mineral com polímero 50%	24,81ab
T ₉	Organomineral farelado 125%	24,40ab
T ₁₀	Organomineral farelado 105%	28,51ab
T ₁₁	Organomineral farelado 75%	33,51b
T ₁₂	Organomineral farelado 50%	32,33b
T ₁₃	Controle	33,12b

Médias seguidas pelas mesmas letras não apresentam diferenças estatísticas significativas conforme o teste de Tuckey ao nível de 5% de probabilidade ($p>0,05$).

6 CONCLUSÃO

A análise das enzimas antioxidantes na cultura do café não se mostrou adequada para avaliar o efeito das diferentes fontes de adubação.

REFERÊNCIAS

- ANGUELOVA-MERHAR, V. S.; WESTHUIZEN, A. J. van Der; PRETORIUS, Z. A.. Intercellular chitinase and peroxidase activities associated with resistance conferred by gene Lr35 to leaf rust of wheat. **Journal Of Plant Physiology**, [S.l.], v. 159, n. 11, p. 1259-1261, jan. 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1078/0176-1617-00653>.
- APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. **Annual Review Of Plant Biology**, [S.l.], v. 55, n. 1, p. 373-399, 2 jun. 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.arplant.55.031903.141701>.
- BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, [S.l.], v. 44, n. 1, p. 276-287, nov. 1971. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697\(71\)90370-8](http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697(71)90370-8).
- BREUSEGEM, F. V.; VRANOVÁ, E.; DAT, J. F.; INZÉ, Dirk. The role of active oxygen species in plant signal transduction. **Plant Science**, [S.L.], v. 161, n. 3, p. 405-414, ago. 2001. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0168-9452\(01\)00452-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0168-9452(01)00452-6).
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. *et al* (ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 375-470.
- CHAGAS, W. F. T.; GUELF, D. R.; LACERDA, J. R.; PINTO, L. C.; ANDRADE, A. B.; FAQUIN, V. Nitrogen fertilizers technologies for coffee plants. **Coffee Science**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 55-66, 2019. Disponível em: <https://coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/1528>.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. Sunderland: Sinauer Associates, 2005. 400p.
- FERREIRA, L. T. Embrapa Café. **Seis maiores estados produtores dos Cafés do Brasil atingiram 98% do volume da safra de 2017**. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/31081641/seis-maiores-estados-produtores-dos-cafes-do-brasil-atingiram-98-do-volume-da-safra-de-2017>.

FIGUEIREDO, L. P.; BORÉM, F. M.; CIRILLO, M. Â.; RIBEIRO, F. C.; GIOMO, G. S.; SALVA, T. de J. G. The potential for high quality bourbon coffees from different environments. **Journal of Agricultural Science**, [S.l.], v. 5, n. 10, p. 87-98, 15 set. 2013. Canadian Center of Science and Education. DOI: <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v5n10p87>.

GOMES-JUNIOR, R. A.; MOLDES, C. A.; DELITE, F. S.; POMPEU, G. B.; GRATÃO, P. L.; MAZZAFERA, P.; LEA, P. J.; AZEVEDO, R. A. Antioxidant metabolism of coffee cell suspension cultures in response to cadmium. **Chemosphere**, [S.l.], v. 65, n. 8, p. 1330-1337, nov. 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.04.056>.

HEATH, R.L.; PACKER, L. Photoperoxidation in Isolated Chloroplasts: I. Kinetics and Stoichiometry of Fatty Acid Peroxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, 125, 189-198. 1968.

MOSIER, A.; GALLOWAY, J. **Setting the scene: the international nitrogen initiative**. international workshop on enhanced-efficiency fertilizers. Frankfurt: International Fertilizer Industry Association, 2005.

PEIXOTO, P. H. P. Efeitos do alumínio sobre a peroxidação de lipídios e a atividade de enzimas do metabolismo oxidativo em sorgo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, [S. l.], v. 1, n. 3, p. 137-143, 1999. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267338431_ALUMINUM_EFFECTS_ON_LIPID_PEROXIDATION_AND_ON_THE_ACTIVITIES_OF_ENZYMES_OF_OXIDATIVE_METABOLISM_IN_SORGHUM

SAATH, R. **Qualidade do café natural e despulpado em diferentes condições de secagem e tempos de armazenamento**. 2010. 229 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/101675>

SMIRNOFF, N. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. **New Phytologist**, [S.l.], v. 125, n. 1, p. 27-58, set. 1993. Wiley. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.1993.tb03863.x>.

TEISSEIRE, H.; GUY, V. Copper-induced changes in antioxidant enzymes activities in fronds of duckweed (*Lemna minor*). **Plant Science**, [S.l.], v. 153, n. 1, p. 65-72, abr. 2000. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0168-9452\(99\)00257-5](http://dx.doi.org/10.1016/s0168-9452(99)00257-5).

Qualidade fisiológica de sementes de milho após diferentes etapas do processo de beneficiamento

Physiological quality of corn seeds after different stages of the processing

MARIA CLARA MATEUS CECOTTI MARIANO

Engenheira Agrônoma

E-mail: mariaclaracecotti00@icloud.com

WELLINGTON FERRARI DA SILVA

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: wellingtonferrari@unipam.edu.br

Resumo: A qualidade e uniformidade das sementes são fundamentais para garantir um estande adequado. Os danos mecânicos em sementes de milho podem causar efeitos imediatos ou latentes, impactando negativamente a qualidade fisiológica do lote. Esses danos podem ocorrer tanto no campo quanto após a colheita, incluindo durante o transporte, secagem, beneficiamento, tratamento, entre outros. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de milho durante as diferentes etapas do beneficiamento. As sementes foram coletadas na empresa Joia Sementes, localizada na zona rural de Patos de Minas – MG. O lote do híbrido foi submetido a seis tratamentos: (T1) testemunha – material colhido e despalhado manualmente, seco em câmara de secagem e debulhado manualmente; (T2) amostras coletadas após passarem pelo debulhador mecânico; (T3) amostras retiradas após passar pelos classificadores de tamanho, triadas e homogeneizadas; (T4) amostras coletadas após passarem pelos elevadores pós-classificadores; (T5) amostras coletadas após passarem pela mesa densimétrica, elevadores e caixa final; (T6) amostras coletadas na linha final, após todas as etapas do beneficiamento. Foram avaliados os seguintes parâmetros fisiológicos: porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento. As médias foram analisadas por meio de análise de variância e teste de Tukey a 5% de significância. Conclui-se que as amostras do tratamento (T1) apresentaram a menor porcentagem de germinação e menor vigor no teste de envelhecimento acelerado. Em contraste, no teste de condutividade elétrica, o tratamento (T1) demonstrou menor deterioração das sementes. O beneficiamento das sementes resultou em melhorias na qualidade fisiológica, sendo que as sementes coletadas após passarem pelos elevadores pós-classificadores, mas antes da mesa densimétrica, apresentaram a melhor qualidade fisiológica.

Palavras-chaves *Zea Mays*; vigor de sementes; germinação; envelhecimento acelerado; condutividade elétrica.

Abstract: The quality and uniformity of seeds are crucial to ensuring an adequate stand. Mechanical damage to maize seeds can cause immediate or latent effects, negatively impacting the physiological quality of the batch. These damages can occur both in the field and after harvest, including during transportation, drying, processing, treatment, and other stages. The aim of this study was to evaluate the physiological quality of maize seeds during different stages of

processing. The seeds were collected from Joia Sementes, located in the rural area of Patos de Minas, MG. The hybrid batch underwent six treatments: (T1) control – material harvested and manually shelled, dried in a drying chamber, and manually threshed; (T2) samples collected after passing through the mechanical thresher; (T3) samples taken after passing through size classifiers, sorted, and homogenized; (T4) samples collected after passing through the post-classifier elevators; (T5) samples collected after passing through the densimetric table, elevators, and final box; (T6) samples collected from the final line after all processing steps. The following physiological parameters were assessed: germination percentage, germination speed index, accelerated aging, and electrical conductivity. The experimental design was completely randomized, with four replications per treatment. Means were analyzed using analysis of variance and Tukey's test at 5% significance. The results showed that samples from treatment (T1) had the lowest germination percentage and lower vigor in the accelerated aging test. In contrast, in the electrical conductivity test, treatment (T1) showed less seed deterioration. Seed processing resulted in improvements in physiological quality, with seeds collected after passing through the post-classifier elevators but before the densimetric table showing the best physiological quality.

Keywords: Zea Mays, seed vigor, germination, accelerated aging, electrical conductivity.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea Mays*) pertence à família Poaceae do gênero *Zea*. Originária do continente americano, essa planta possui grande relevância comercial, servindo como base alimentar para humanos e diversas espécies de animais, como aves, suínos, bovinos, equinos, ovinos e caprinos. Além disso, destaca-se por sua capacidade de produção de biocombustíveis, sendo, por isso, de grande utilidade tanto no mercado interno quanto no externo. Para a safra brasileira de 2023/24, espera-se uma redução de 10,9% em relação à safra 2022/23, com produção estimada em 117,6 milhões de toneladas (CONAB, 2024).

Um processo essencial para a obtenção de sementes de alta qualidade é o beneficiamento. Esse processo compreende um conjunto de operações realizadas desde a recepção na unidade de beneficiamento até a embalagem e distribuição das sementes (Labbé *et al.*, 2006). O objetivo do beneficiamento é melhorar as características do lote de sementes, promovendo sua uniformização (Trogello *et al.*, 2013; Melo *et al.*, 2012).

A semente de milho é geralmente submetida a um processo que inclui colheita, despalha e secagem na espiga, seguida de debulha, limpeza e classificação. Esses procedimentos são necessários devido à variação no tamanho e na forma das sementes dentro da mesma espiga. Além disso, realiza-se a separação por densidade, um método que permite selecionar as sementes de melhor qualidade fisiológica, como germinação e vigor, dentro do lote (Menezes; Lersch Junior; Storck, 2003). Diversas máquinas de processamento foram desenvolvidas com o propósito de separar sementes de maior qualidade física e fisiológica, garantindo a eficiência do beneficiamento (Silveira; Vieira, 1982; Borges *et al.*, 1991).

A germinação é o principal indicador utilizado para determinar a qualidade fisiológica das sementes em um lote. O teste de germinação avalia a capacidade do lote de produzir plantas com crescimento normal sob condições adequadas, conforme

estabelecido nas Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009). A germinação pode ser definida como a reativação dos processos metabólicos que culminam no desenvolvimento do embrião e na formação de uma plântula (Copeland; Mc Donald, 1995; Marcos Filho, 2015).

Para avaliar o desempenho de lotes de sementes em campo ou durante o armazenamento, diversos procedimentos são adotados, formando assim os testes de vigor em sementes (Vieira *et al.*, 1994). Entre os métodos amplamente utilizados para essa finalidade, destaca-se o teste de envelhecimento acelerado, amplamente aplicado no Brasil e no mundo, especialmente para sementes de milho e soja (Hampton; Tekrony, 1995; Marcos Filho, 1999).

O teste de envelhecimento acelerado baseia-se no princípio de que a taxa de deterioração das sementes aumenta significativamente quando estas são expostas a condições extremas de temperatura e umidade relativa. Nessas circunstâncias, sementes de menor qualidade deterioram-se mais rapidamente do que as de maior vigor, o que reflete diretamente na germinação após o período de envelhecimento (Marcos Filho, 1999).

Outro método amplamente utilizado para avaliar o vigor das sementes é o teste de condutividade elétrica, apontado pela Associação Internacional de Análise de Sementes (ISTA, 2011) como um dos testes de vigor mais promissores. Este método destaca-se por sua base teórica consistente, objetividade, rapidez, facilidade de execução e potencial para padronização como teste rotineiro, devido à sua alta reprodutibilidade (Vieira *et al.*, 1994; Vieira; Krzyzanowski, 1999).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade fisiológica de sementes de milho em diferentes etapas do processo de beneficiamento.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho foi conduzido na Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS) da empresa Joia Sementes, localizada na zona rural de Patos de Minas, Minas Gerais. As análises laboratoriais para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes foram realizadas no Laboratório e Núcleo de Pesquisa e Análise de Sementes do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), ao longo do ano de 2023.

O experimento foi composto por seis tratamentos descritos a seguir. Testemunha (T1): material colhido e despilhado manualmente, armazenado em sacos de polipropileno, secos dentro da câmara de secagem e debulhados manualmente; (T2): amostras retiradas após a etapa de debulha mecânica, utilizando o debulhador mecânico CWA com cilindro em rotação a 350 rpm; (T3): amostras coletadas após a passagem pelos classificadores de tamanho, sendo retiradas de todos os trieurs e homogeneizadas para formar uma única amostra; (T4): amostras retiradas após a passagem pelos elevadores pós-classificadores, antes de serem processadas na mesa densimétrica; (T5): amostras coletadas após a passagem pela mesa densimétrica, pelos elevadores e pela caixa final, representando a semente pronta para ensaque; (T6): Amostras coletadas na linha final, após a passagem por todas as etapas do beneficiamento.

Em cada uma das etapas, foram retiradas quatro sub-amostras. Todas as amostras simples coletadas foram homogeneizadas, originando uma amostra composta

de 4 kg. As amostras foram então armazenadas em sacos de papel e mantidas em câmara seca ($\pm 10^{\circ}\text{C}$, UR 40%) para posteriores análises dos parâmetros fisiológicos.

A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada por meio dos testes de germinação, índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica.

A porcentagem de germinação foi avaliada utilizando-se quatro repetições de 50 sementes, semeadas em rolos de papel toalha da marca Germitest, umedecidos com água em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos foram acondicionados em germinador mantido a uma temperatura constante de 25°C . As contagens foram realizadas no sétimo dia após a instalação do teste, seguindo as recomendações das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

A primeira contagem de germinação foi realizada no quarto dia após a instalação do teste de germinação, contabilizando-se as plântulas normais, conforme a metodologia descrita por Marcos Filho *et al.* (1987).

No teste de germinação, o Índice de velocidade de germinação (IVG) foi calculado com base no número de plântulas normais obtidas a partir do quarto dia após a semeadura, utilizando a fórmula de Maguire (1962), conforme descrito abaixo:

$$VG = N_1 / D_1 + N_2 / D_2 + \dots + N_n / D_n$$

Onde:

- VG = velocidade de germinação
- $N_1, N_2, \dots, N_n$ = número de plântulas germinadas no 1º, 2º, ..., n-ésimo dias após a semeadura, respectivamente
- $D_1, D_2, \dots, D_n$ = número de dias após a implantação do teste.

A porcentagem de germinação no teste de envelhecimento acelerado foi realizado com quatro repetições de 50 sementes, totalizando 200 sementes por tratamento. As sementes foram distribuídas em quatro repetições de 50 unidades, acondicionadas sobre tela dentro de caixas plásticas tipo Gerbox, contendo 40 mL de água destilada. Após o fechamento das caixas, estas foram colocadas em estufa incubadora tipo BOD, à temperatura de 45°C por 72 horas, conforme a metodologia descrita por Marcos Filho *et al.* (1985). Após o envelhecimento, as sementes foram transferidas para o processo de germinação, seguindo a mesma metodologia utilizada no teste de germinação. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais, conforme as recomendações das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

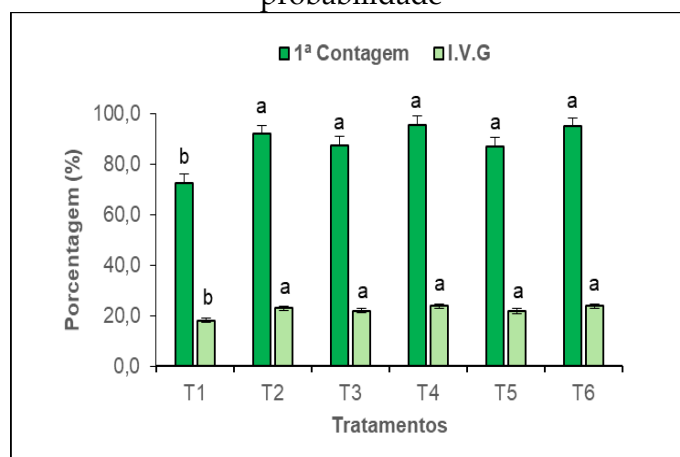
O teste de condutividade elétrica foi realizado em quatro repetições de 50 sementes por tratamento, pesadas em balança de precisão. As sementes foram colocadas em copos plásticos contendo 75 mL de água destilada e mantidas em câmaras de germinação à temperatura de 25°C e umidade relativa do ar de 100%, onde permaneceram por 24 horas, conforme orientam os estudos Hunter *et al.* (1991) e Vieira e Krzyzanowski (1999). A leitura da condutividade foi realizada com o condutímetro digital modelo CG 2000, da marca Gehaka. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$.

Na análise estatística, os lotes foram analisados de forma independente, utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e quatro repetições. As médias foram submetidas à Análise de Variância (ANOVA) por meio do programa computacional SISVAR. Posteriormente, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância (Ferreira D., 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os resultados da primeira contagem de germinação e do índice de velocidade de germinação. Tanto para a primeira contagem quanto para o índice de velocidade de germinação, observou-se diferença significativa entre os tratamentos nas diferentes etapas de beneficiamento. Os resultados indicaram que o tratamento (T1) apresentou menor vigor, não alcançando uma boa germinação na primeira contagem, com o menor valor de 72,50%, o qual diferiu estatisticamente dos tratamentos (T2), (T3), (T4), (T5) e (T6), que apresentaram porcentagens superiores. Em relação ao IVG, o tratamento (T1) também apresentou um valor significativamente inferior, com 18,13%, quando comparado aos demais tratamentos.

Figura 1: Primeira contagem e Índice de velocidade de germinação (%) de sementes de milho amostradas em seis pontos durante o processo de beneficiamento. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade



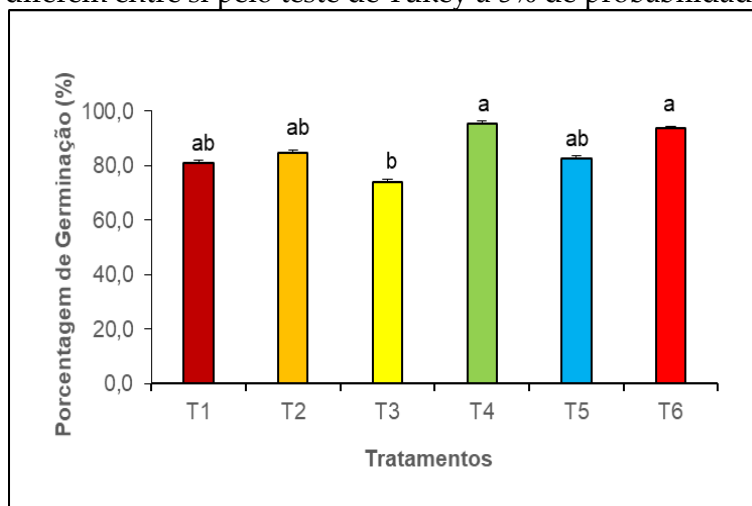
Observa-se na Figura 1 que as sementes do tratamento (T1) foram colhidas em espiga e debulhadas manualmente, o que, à primeira vista, sugere que não apresentavam danos físicos evidentes, o que poderia resultar em uma germinação mais rápida e uniforme. No entanto, não apenas lesões físicas afetam a germinação; é possível que as sementes tenham sofrido algum tipo de estresse pós-colheita não perceptível, o que comprometeu seu desempenho. Além disso, o tratamento (T1) envolvia sementes de tamanhos e espessuras variadas, uma vez que não houve separação durante a debulha manual, e essa desuniformidade pode ter influenciado no desempenho das sementes, conforme apontado por Ferreira e Sá (2010) em seus estudos. Ao analisar os dados, constatou-se que os resultados de primeira contagem de germinação e índice de

velocidade de germinação foram estatisticamente semelhantes entre os tratamentos (T2) e (T6), evidenciando que a germinação e a velocidade de germinação foram altas em todas as etapas, exceto no tratamento (T1). Esses resultados demonstram o efeito positivo do beneficiamento no potencial fisiológico das sementes. De acordo com as Comissões Estaduais de Sementes e Mudanças (CESM), é exigido um percentual mínimo de 85% de germinação para que a semente de milho seja considerada conforme os padrões para comercialização. Além disso, considerando que os testes de germinação são realizados em condições ideais, é fundamental também avaliar o vigor das sementes para garantir um bom desempenho no campo.

Os resultados do teste de germinação revelaram variações significativas nas porcentagens de germinação entre os diferentes tratamentos. Os tratamentos (T4) e (T6) se destacaram, apresentando taxas de germinação de 95,50% e 93,50%, respectivamente, com valores estatisticamente iguais. Os tratamentos (T1), (T5) e (T2) também demonstraram um desempenho sólido, com taxas de germinação de 81%, 82,50% e 84,50%, respectivamente. Por fim, o tratamento (T3) foi o que obteve a menor porcentagem de germinação, com 74%.

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que o dano mecânico durante o processo de beneficiamento impactou negativamente a germinação das sementes de milho após sete dias de teste. Esses resultados destacam a importância de minimizar o dano mecânico durante o beneficiamento das sementes, a fim de garantir uma melhor emergência e vigor das plântulas de milho (Ribeiro, D., 2015). Resultados semelhantes foram observados por Fessel *et al.* (2003), que verificaram um aumento na porcentagem de germinação após as sementes passarem pela mesa densimétrica, como pode ser visto na Figura 2, para o tratamento (T4).

Figura 2: Porcentagem de germinação (%) de sementes de milho amostradas em seis pontos durante o processo de beneficiamento. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade



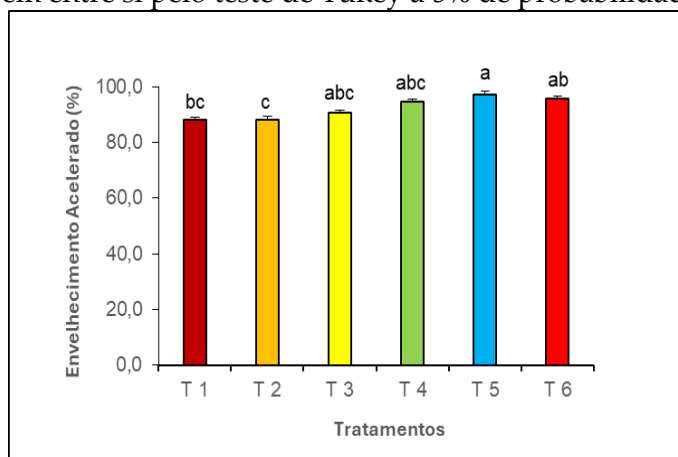
Os resultados estão em conformidade com os de Ribeiro (2009), que observaram que, durante o processo de manipulação, as sementes podem sofrer impactos que levam à ruptura do tegumento, sendo que esse dano muitas vezes não é perceptível a olho nu.

Dessa forma, a susceptibilidade aos danos mecânicos é uma característica herdável e depende da intensidade e do número de impactos, do tamanho e da forma da semente, além de seu tecido de reserva, estando fortemente associada ao teor de água na colheita (Carvalho; Nakagawa, 2000; Alves *et al.*, 2001).

Em relação ao teste de envelhecimento acelerado, o maior valor de vigor foi observado no tratamento (T5), com uma taxa de germinação de 97,25%. No entanto, esse tratamento não difere estatisticamente dos tratamentos (T6), (T4) e (T3), que apresentaram taxas de germinação de 95,5%, 94,5% e 90,5%, respectivamente. Esses resultados sugerem que as sementes submetidas a esses tratamentos resistiram bem ao envelhecimento precoce, mantendo uma alta capacidade de germinação.

Os tratamentos (T1) e (T2) apresentaram menores porcentagens de germinação, com valores de 88,00% e 88,25%, respectivamente (Figura 3). Esses resultados sugerem que as sementes desses tratamentos foram mais sensíveis ao estresse causado pelo envelhecimento acelerado, o que resultou na perda parcial de sua capacidade de germinação durante o período de estresse (Gomes Júnior; Cícero, 2012).

Figura 3: Envelhecimento Acelerado (%) de sementes de milho amostradas em seis pontos durante o processo de beneficiamento. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade



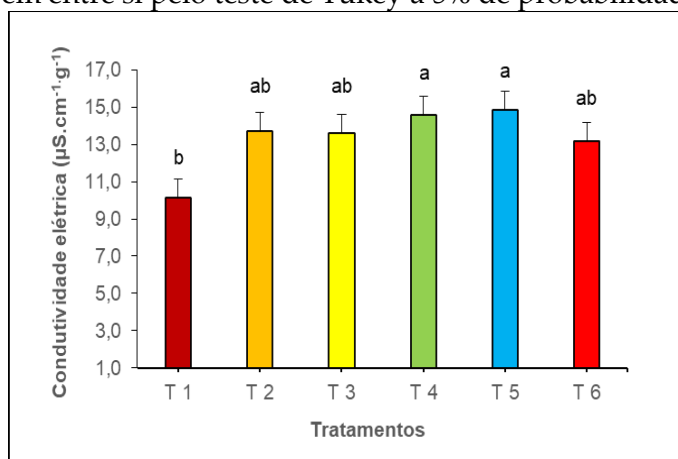
Assim, os tratamentos que resultaram em taxas mais altas de germinação no teste de envelhecimento acelerado indicam uma melhor qualidade das sementes em termos de resistência ao estresse e longevidade. Portanto, minimizar o dano mecânico durante o beneficiamento é fundamental para garantir que as sementes de milho mantenham seu vigor e capacidade de germinação, mesmo em condições desafiadoras e durante períodos prolongados. No estudo conduzido por Ribeiro, B. (2016) sobre sementes de milho no processo de beneficiamento, as médias obtidas para o teste de germinação permaneceram acima do limite mínimo exigido de 85%. Isso sugere que, embora tenha ocorrido algum dano às sementes, ele se manteve dentro dos limites aceitáveis.

De maneira geral, a redução da qualidade das sementes pode estar relacionada à má formação da plântula quando o dano ocorre próximo ou no eixo embrionário (Gomes Júnior; Cícero, 2012). A utilização de técnicas rápidas e precisas para identificar

lesões mecânicas, que podem ocorrer durante o processo de produção das sementes, é de extrema importância para garantir a obtenção de sementes de melhor qualidade (Ribeiro, 2009).

A avaliação da condutividade elétrica nos tratamentos revelou que o tratamento (T1) apresentou a menor condutividade elétrica (CE), sugerindo a presença de uma quantidade reduzida de lixiviados condutivos e, conseqüentemente, menor deterioração das sementes. Em contraste, os tratamentos (T5) e (T4) exibiram valores substancialmente mais elevados, indicando maior deterioração das sementes. No entanto, esses tratamentos não diferiram estatisticamente dos tratamentos (T2), (T3) e (T6) (Figura 4). Este resultado corrobora os achados de Gomes Júnior e Cícero (2012), Menezes, Lersch Junior e Storck (2003) e Ribeiro (2009), que observaram um aumento nos valores de condutividade elétrica quando há presença de danos mecânicos, o que permite a separação das sementes em diferentes níveis de vigor.

Figura 4: Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de sementes de milho amostradas em seis pontos durante o processo de beneficiamento. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade



A quantidade de lixiviados medida na solução de embebição das sementes, resultando no valor da condutividade elétrica, está diretamente relacionada à integridade das membranas celulares. Por essa razão, a condutividade elétrica foi proposta como um parâmetro para a avaliação do vigor das sementes (Marcos Filho *et al.*, 1987). Todas as sementes lixiviam solutos, mesmo aquelas cujas membranas celulares permanecem intactas. Contudo, a quantidade de solutos lixiviados diminui com o tempo de embebição, até atingir um estado de equilíbrio (Rosa *et al.*, 2000).

Segundo Chen e Burris (1990), os danos causados pela secagem podem estar relacionados à ruptura das membranas, o que resulta em um aumento da condutividade elétrica e na lixiviação de açúcares e outros solutos. Assim, o aumento na lixiviação de solutos celulares está diretamente associado à perda de vigor e capacidade de germinação em sementes de milho (Lin, 1988).

4 CONCLUSÕES

Conclui-se que as amostras colhidas e despalhadas manualmente apresentaram menor porcentagem de germinação e menor vigor no teste de envelhecimento acelerado, em comparação com as demais. Em contrapartida, no teste de condutividade elétrica, essas amostras demonstraram menor deterioração das sementes. Assim, pode-se inferir que o beneficiamento contribuiu para a melhoria da qualidade das sementes. Entre os tratamentos analisados, as sementes obtidas após passarem pelos elevadores pós-classificadores e antes da mesa densimétrica apresentaram, em geral, a melhor qualidade fisiológica.

AGRADECIMENTOS

A Empresa Joia Sementes pelas amostras fornecidas para a realização do experimento. Ao Laboratório e Núcleo de Pesquisa e Análise de Sementes por todo o apoio e dedicação para a realização do experimento. Ao Centro Universitário de Patos de Minas Universidade UNIPAM por todas as oportunidades e ensinamentos que me proporcionou ao longo da minha jornada acadêmica.

REFERÊNCIAS

- ALVES, W. M. *et al.* Influência dos teores de umidade de colheita na qualidade do milho (*Zea mays* L.) durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 26, p. 40-45, 2001.
- BORGES, J.W.M.; MORAES, E.A.; VIEIRA, M.G.G.C. Efeitos do beneficiamento sobre a viabilidade da semente de feijão armazenada. **Revista Brasileira de Sementes**, v.13, n.2, p.135-138, 1991.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ ACS. p.398, 2009.
- CARVALHO, N. M., NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP. p.429, 2000.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira. Brasília: Conab. 2024. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>.
- COPELAND, L.O., McDONALD, M.B. **Principles of seed science and technology**. 3.ed. New York: British Library, 1995. Disponível em: 10.1093/aob/mcf127. PMCID: PMC4233836.

- CHEN, Y.G., BURRIS, J. S. Role of Carbohydrates in Desiccation Tolerance and Membrane Behavior in Maturing Maize Seed. **Crop Science**, [S.l.], v. 30, n. 5, p. 971-975, set. 1990. Wiley. DOI: <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1990.0011183x003000050002x>.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênc. agrotec.** [online]. v. 38, p. 109-112, 2014.
- FERREIRA, R. L., SÁ, M. E. D. Contribuição de etapas do beneficiamento na qualidade fisiológica de sementes de dois híbridos de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 32, p. 99-110, 2010.
- FESSEL, S. A. *et al.* 2003. Avaliação da qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de milho durante o beneficiamento. **Revista Brasileira de Sementes**, [S.l.], v. 25, n. 2, p. 70-76, 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-31222003000400010>.
- GOMES JUNIOR, F. G.; CICERO, S. M. X-Ray analysis to assess mechanical damage in sweet corn seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, [S.l.], v. 34, n. 1, p. 78-85, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-31222012000100010>.
- HAMPTON, J. G., TEKRONY, D. M. **Handbook of vigour test methods**. 3.ed. Zurich: ISTA. p.117, 1995.
- HUNTER, J. L. *et al.* Corn seed maturity indicators and their relationship to uptake of carbon 14 assimilated. **Crop Science**. v. 31, p. 1309-1313, 1991.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). **International rules for seed testing**. Bassersdorf. p. 53, 2011.
- LABBÉ, L. M. B. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S. T. *et al* (ed.). **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2. ed. Pelotas: UFPEL, 2006. Cap. 7. p. 366-415.
- LIN, S. S. Efeito do período de armazenamento na lixiviação eletrolítica de solutos celulares e qualidade fisiológica da semente de milho (*Zea mays* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília. v. 10, p. 59-67, 1988.
- MAGUIRE J. D. Speed of germination-aid seedling emergence and vigor. **Crop Science**. Madison. v. 2, p. 176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. *et al.* **Manual de análise de sementes**. Piracicaba: ESALQ. p. 112, 1985.
- MARCOS FILHO, J. *et al.* **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ. p. 230, 1987.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. *In*: KRYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J.B. (ed). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES. v. 3, p. 1-24, 1999.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES. p.659, 2015.

MELO, L. F. de *et al*. Testes rápidos para identificação de danos mecânicos em sementes de milho doce. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Anais [...]**. Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p. 3467-3474. Disponível em: https://www.abms.org.br/eventos_anteriores/cnms2012/

MENEZES, N.; LERSCH JUNIOR, Ivo; STORCK, Lindolfo. Qualidade física e fisiológica das sementes de milho após o beneficiamento. **Revista Brasileira de Sementes**, [S.L.], v. 24, n. 1, p. 97-102, 2003.

RIBEIRO, B. G. **Danos mecânicos e tratamento químico na qualidade de sementes de milho armazenadas**. 2016. 64 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia/Fitotecnia, Produção Vegetal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

RIBEIRO, D. M. Teste de condutividade elétrica para avaliar o vigor de sementes em milho-pipoca (*Zea mays* L.). **Revista Ceres**, [S. l.], v. 56, n. 6, 2015. Disponível em: <https://ojs.ceres.ufv.br/ceres/article/view/3503>.

ROSA, S. D. V. F. *et al*. Eficácia do teste de condutividade elétrica para uso em estudos de danos de secagem em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, [S.l.], v. 22, n. 1, p. 54-63, 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.17801/0101-3122/rbs.v22n1p54-63>.

SILVEIRA, J. F., VIEIRA, M. G. G. C. Beneficiamento de sementes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v. 8, p. 50-56, 1982.

TROGELLO, E. *et al*. Acompanhamento de uma Unidade Beneficiadora de Sementes de Milho - Estudo de Caso. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, [S.l.], v. 12, n. 2, p. 193-201, 30 ago. 2013. Revista Brasileira de Milho e Sorgo. DOI: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v12n2p193-201>.

VIEIRA, R. D. *et al*. Testes de vigor e suas possibilidades de uso. *In*: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP. p. 31-47, 1994.

VIEIRA, R. D., KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. *In*: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B.F. (ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES. p.383, 1999.

Fertilizante mineral à base de *Ascophyllum nodosum* no desenvolvimento inicial de mudas de cafeeiro

Mineral fertilizer based on Ascophyllum nodosum in the early development of coffee seedlings

DANIELA BÁRBARA MOREIRA.

Graduanda em Agronomia (UNIPAM).

danielamoreira@unipam.edu.br

LUCAS DA SILVA MENDES

Professor orientador (UNIPAM).

lucassm@unipam.edu.br

Resumo: A cafeicultura é uma das atividades agrícolas mais importantes do mundo, com o Brasil se destacando como maior produtor e exportador. Os extratos de algas, como o de *Ascophyllum nodosum*, são fontes de vitaminas, glicoproteínas, aminoácidos e estimulantes naturais, capazes de atuar na fisiologia das plantas e na expressão gênica. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de um fertilizante mineral à base de *Ascophyllum nodosum* no desenvolvimento inicial de mudas de cafeeiro. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Centro Universitário de Patos de Minas e os tratamentos aplicados foram: 0 mL ha⁻¹, 10 mL ha⁻¹, 20 mL ha⁻¹, 30 mL ha⁻¹ e 40 mL ha⁻¹, com volume de calda de 200 L ha⁻¹. O tratamento teve início com o transplantio, seguido pela primeira aplicação via foliar. Após 40 dias, foi realizada a segunda aplicação. As análises das partes aéreas das mudas foram feitas 40 dias após a primeira aplicação e 80 dias após a segunda. As variáveis analisadas foram: comprimento da parte aérea, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos totais. Aos 120 dias após o transplantio, as raízes foram retiradas para avaliação do sistema radicular, utilizando o software SAFIRA. As variáveis do sistema radicular analisadas foram: comprimento total de raízes, volume total de raízes, área total de raízes e diâmetro médio das raízes. Nas análises das partes aéreas, aos 40 dias após a primeira aplicação, apenas o diâmetro de caule apresentou ajuste ao modelo de regressão, com um aumento de 50% na espessura do caule no tratamento com 40 mL ha⁻¹. Aos 80 dias após a segunda aplicação, os resultados das variáveis da parte aérea ajustaram-se ao modelo de regressão, mas não apresentaram diferenças significativas em relação ao controle. As mudas mostraram maior responsividade com o aumento das concentrações nos tratamentos, o que pode ter contribuído para a inibição do crescimento e desenvolvimento. Aos 120 dias, os resultados do sistema radicular ajustaram-se ao modelo de regressão, mas não mostraram respostas positivas comparadas ao controle (dose zero), possivelmente devido ao desequilíbrio hormonal entre citocinina e auxina. Conclui-se que as doses aplicadas do extrato de algas associado a micronutrientes não promoveram respostas positivas no desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular das mudas de cafeeiro.

Palavras-chaves: hormônios; inibição; radicular.

Abstract: Coffee cultivation is one of the most important agricultural activities in the world, with Brazil standing out as the largest producer and exporter. Algae extracts, such as *Ascophyllum nodosum*, are sources of vitamins, glycoproteins, amino acids, and natural stimulants, capable of influencing plant physiology and gene expression. The objective of this study was to evaluate the effect of a mineral fertilizer based on *Ascophyllum nodosum* on the early development of coffee seedlings. The experiment was conducted in a greenhouse at the Patos de Minas University Center, and the treatments applied were: 0 mL ha⁻¹, 10 mL ha⁻¹, 20 mL ha⁻¹, 30 mL ha⁻¹, and 40 mL ha⁻¹, with a spray volume of 200 L ha⁻¹. The treatment began with transplanting, followed by the first foliar application. After 40 days, a second application was made. The analysis of the seedling's aerial parts was performed 40 days after the first application and 80 days after the second. The variables analyzed were: aerial part length, stem diameter, and total number of plagiotropic branches. At 120 days after transplanting, the roots were removed for evaluation of the root system, using the SAFIRA software. The analyzed root system variables were: total root length, total root volume, total root area, and average root diameter. In the aerial part analysis, 40 days after the first application, only the stem diameter showed a regression model fit, with a 50% increase in stem thickness in the 40 mL ha⁻¹ treatment. After 80 days of the second application, the results of the aerial part variables fit the regression model, but no significant differences were found compared to the control. The seedlings showed greater responsiveness with the increased concentrations in the treatments, which may have contributed to the inhibition of growth and development. At 120 days, the results of the root system fit the regression model, but no positive responses were observed compared to the control (zero dose), possibly due to hormonal imbalance between cytokinin and auxin. It is concluded that the applied doses of algae extract combined with micronutrients did not promote positive responses in the development of the aerial parts and the root system of coffee seedlings.

Key-words: hormones; inhibition; root system.

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma das mais importantes atividades agrícolas do mundo. O Brasil destaca-se como o maior produtor e exportador mundial de café, com ênfase na produção de *Coffea arabica* L. (café arábica), além de ser o segundo maior consumidor de café no cenário global. A atividade é responsável por gerar empregos, promover a distribuição de renda e contribuir significativamente para a pauta de exportações, desempenhando papel fundamental na economia nacional (Santos, 2019).

Silva, Carvalho e Romaniello (2000) afirmam que o plantio de café envolve diversas preocupações, especialmente durante a fase de instalação da lavoura. A escolha das mudas, por se tratar de uma cultura perene, é um dos aspectos mais críticos nesse processo, tornando a fase de implantação essencial para o sucesso da produção.

Segundo Matiello (2010), mudas de boa qualidade, com carga genética adequada, influenciam diretamente na estrutura do sistema radicular e na parte aérea da planta, podendo gerar impactos positivos ou negativos ao longo dos anos de cultivo. Dessa forma, é imprescindível que os manejos realizados durante a fase de formação das mudas e no momento do transplante sejam detalhados e rigorosos, visando garantir uma lavoura saudável e produtiva.

De acordo com Bragança (2005), o sistema radicular do cafeeiro apresenta alta plasticidade, com um crescimento inicial significativo em profundidade, desempenhando um papel crucial na absorção de água e nutrientes durante essa fase.

Sua distribuição e morfologia podem variar conforme o ambiente, sendo influenciadas por fatores bióticos e abióticos. Chaves Filho (2008) destaca que as raízes do cafeeiro podem sofrer modificações, aumentando sua extensão e profundidade dependendo da disponibilidade hídrica, o que contribui para uma maior eficiência na absorção de nutrientes e para a retomada da produção em períodos de déficit hídrico.

Estudos relatam efeitos favoráveis da aplicação de algas marinhas em culturas agrícolas. Sharma *et al.* (2013) destaca que fertilizantes à base de extrato de algas contêm moléculas bioativas complexas com funcionalidades variadas. De acordo com Battacharyya *et al.* (2015), esses fertilizantes podem ser aplicados por meio de pulverização foliar, irrigação do solo, tratamento de sementes ou pela combinação de duas ou mais formas. Essa aplicação é capaz de estimular o crescimento das plantas, aumentar a absorção de nutrientes, promover maior número de flores e frutos, intensificar a formação de raízes laterais e melhorar a tolerância das plantas à salinidade, seca e calor.

A ação combinada das diferentes moléculas orgânicas e nutrientes presentes nas algas marinhas exerce um efeito amplo como estimulante e elicitor nas plantas (Khan *et al.*, 2012). Os extratos de algas marinhas *Ascophyllum nodosum* são fontes de vitaminas, nutrientes minerais, glicoproteínas, aminoácidos e de reguladores de crescimento natural, como auxinas, giberelinas, citocininas e betainas, além de polissacarídeos exclusivos, que não são encontrados em plantas terrestres (Sharma *et al.*, 2013). Esses polissacarídeos, solúveis em água, estão envolvidos na ativação de vias do metabolismo secundário das plantas, além de mobilizarem moléculas associadas à sinalização celular para ativação da expressão gênica de defesa (Battacharyya *et al.*, 2015).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o fertilizante mineral à base de *Ascophyllum nodosum* no desenvolvimento inicial de mudas de cafeeiro

2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM, localizado na cidade de Patos de Minas, MG. Foram utilizadas mudas do cultivar arábica Catucaí Amarelo 2SL, uma variedade com elevado potencial produtivo em regiões de temperaturas elevadas, alta exigência hídrica e necessidade de irrigação. O ciclo de maturação varia de precoce a médio, sendo a planta moderadamente resistente à ferrugem, mas suscetível a pragas como bicho-mineiro, ácaro-vermelho, cochonilha-da-roseta e nematoides. As plantas apresentam porte baixo, alta uniformidade na maturação dos frutos e frutos de coloração amarela (Maliszewski, 2022).

As mudas selecionadas eram uniformes e estavam no estágio de desenvolvimento com cinco pares de folhas completamente expandidas. O solo utilizado no experimento foi classificado como Latossolo Vermelho, coletado no CEST – Campo Experimental de Sertãozinho da EPAMIG. Foram realizadas dez coletas de solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade, que resultaram em uma amostra composta. Posteriormente, a amostra foi encaminhada para análises físicas e químicas no laboratório da empresa Terrena Agronegócio (Tabela 1).

Tabela 1: Resultado da análise química e física do solo coletado da CEST - EPAMIG, realizada no laboratório da empresa Terrena Agronegócio, 2022

Item	Descrição	Unidade	Valor
pH	CaCl ₂	-	6,30
K	Potássio	mg.dm ⁻³	297,30
Ca	Cálcio	cmol _c .dm ⁻³	8,05
Mg	Magnésio	cmol _c .dm ⁻³	2,60
B	Boro	mg.dm ⁻³	0,27
Cu	Cobre	mg.dm ⁻³	5,66
Fe	Ferro	mg.dm ⁻³	17,61
Mn	Manganês	mg.dm ⁻³	175,46
Zn	Zinco	mg.dm ⁻³	25,26
S	Enxofre	mg.dm ⁻³	6,03
Al	Alumínio	cmol _c .dm ⁻³	0,03
H+Al	Acidez Potencial	cmol _c .dm ⁻³	2,71
SB	Soma das Bases	cmol _c .dm ⁻³	11,41
(t)	CTC efetiva	cmol _c .dm ⁻³	11,44
(T)	CTC Potencial	cmol _c .dm ⁻³	14,12
V	Saturação de Bases	%	80,81
m	Saturação de Alumínio	%	0,26
Mo	Matéria Orgânica	g.dm ⁻³	6,24
P-rem	Fósforo remanescente	mg.dm ⁻³	11,67

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC). Os ensaios foram submetidos a cinco tratamentos, sendo quatro com diferentes concentrações de fertilizante mineral à base de *Ascophyllum nodosum* e um tratamento controle, com seis repetições, totalizando 30 parcelas experimentais. Cada parcela foi composta por uma muda.

No tratamento controle, foi aplicada apenas água pura, com um volume equivalente a 300 mL ha⁻¹. Para os tratamentos com o fertilizante mineral, as doses foram calculadas proporcionalmente ao volume de calda, e as aplicações realizadas por via foliar. Os tratamentos com o fertilizante mineral à base de *Ascophyllum nodosum* consistiram nas concentrações de 10 mL ha⁻¹, 20 mL ha⁻¹, 30 mL ha⁻¹ e 40 mL ha⁻¹, diluídos em um volume de calda de 200 L ha⁻¹ (Tabela 2).

Tabela 2: Descrição dos tratamentos que foram utilizados fertilizante mineral a base de *Ascophyllum nodosum*. UNIPAM, Patos de Minas – MG

Tratamentos	% volume de calda mL ha ⁻¹	Doses mL ha ⁻¹
T ₁	0	-
T ₂	0,5	10
T ₃	1	20
T ₄	1,5	30
T ₅	2,0	40

*Garantias do produto Triplus: 2% de nitrogênio; 3% de boro; 0,25% de cobalto; 1,25% de molibdênio; 0,5% de níquel.

O experimento teve duração de 120 dias, realizado entre abril e agosto de 2022. As mudas foram transplantadas em 7 de abril de 2022, para vasos com capacidade de 11 dm³, medindo 24,7 cm de altura por 27,5 cm de largura. O substrato foi composto por solo e areia na proporção 2:1. O solo foi previamente destorroado, peneirado e misturado à areia para garantir homogeneidade, sendo, em seguida, pesado e distribuído igualmente nos vasos.

Para todos os tratamentos, foi aplicada adubação fosfatada com fertilizante de liberação gradual (09-40-00) na dose de 1,8 g por vaso. Após o preparo do substrato, realizou-se o transplântio das mudas para os vasos, seguido da primeira aplicação foliar do fertilizante mineral à base de *Ascophyllum nodosum*, conforme as dosagens específicas de cada tratamento. A segunda aplicação foi realizada 40 dias após a primeira.

Para assegurar uniformidade, o fertilizante foi aplicado com pulverizador manual de pressão constante, até o ponto de escorrimento em cada muda. O tempo de aplicação foi cronometrado e repetido em todas as parcelas experimentais. A irrigação foi realizada diariamente, garantindo umidade suficiente para o desenvolvimento das mudas ao longo de todo o período experimental.

Após 60 dias do transplântio, foi realizada adubação de cobertura em todas as parcelas, utilizando fertilizante 39-00-00 na dose de 0,5 g por vaso. Os tratos culturais e fitossanitários foram conduzidos conforme as necessidades da cultura ao longo do experimento, sendo o controle de plantas daninhas realizado manualmente por meio de arrancamento.

As análises da parte aérea das mudas foram realizadas em dois momentos distintos: 40 dias após a primeira aplicação e 80 dias após a segunda aplicação do fertilizante. As variáveis avaliadas na parte aérea foram: comprimento da parte aérea (CPA), diâmetro do caule (DCA) e número total de ramos plagiotrópicos (NRPT).

O CPA foi expresso em centímetros (cm) e mensurado em dois momentos: 40 dias após a primeira aplicação e 80 dias após a segunda aplicação. A medição foi realizada do colo das mudas até o meristema apical, utilizando uma régua escalímetro para garantir precisão.

O DCA foi expresso em milímetros (mm) e mensurado em dois períodos: 40 dias após a primeira aplicação e 80 dias após a segunda aplicação. A medição foi

realizada a 2 cm acima do solo, na região do colo da planta, utilizando-se um paquímetro com precisão de 0,01 mm para assegurar a exatidão dos dados.

O NRPT foi feito por contagem manual dos ramos plagiotrópicos diretamente nas plantas, após 120 dias do transplantio.

Ao final do experimento, 120 dias após o transplantio, realizou-se a retirada cuidadosa de cada planta dos vasos. Foram feitos cortes transversais no substrato para facilitar a extração, e as plantas foram separadas em raízes e parte aérea por meio de um corte na região do colo. As raízes foram lavadas em água corrente sobre uma peneira com malha inferior a 1,0 mm, removendo-se quaisquer resíduos de solo remanescente. Em seguida, as raízes foram submersas em solução de violeta genciana a 2% por 5 minutos e secas em papel toalha para eliminar o excesso de corante. Posteriormente, as raízes foram organizadas sobre uma película de poliestireno transparente, evitando sobreposições. Para criar um contraste adequado, posicionou-se uma folha branca sob o conjunto de raízes e película transparente. As amostras foram escaneadas em escala de cinza, com resolução de 200 dpi.

Para a análise do sistema radicular, utilizou-se o software SAFIRA (Sistema de Análise de Fibras e Raízes), desenvolvido pela EMBRAPA. As imagens digitalizadas foram processadas individualmente no programa, que forneceu as seguintes variáveis: comprimento total de raízes (CT), expresso em cm³; volume total de raízes (VT), em mm³ cm⁻³; área total de raízes (AT), em mm²; e diâmetro médio das raízes (DM), em mm.

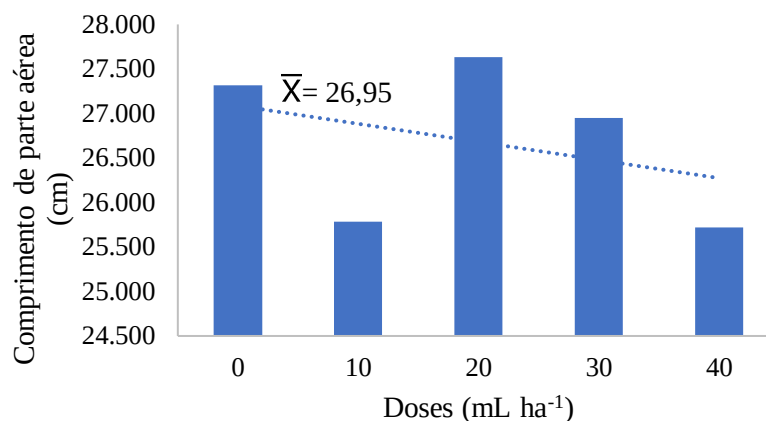
As análises estatísticas foram realizadas por meio do software SISVAR (FERREIRA, 2014). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e os ajustes de modelo de regressão foram realizados ao nível de 5% de significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 COMPRIMENTO DE PARTE AÉREA (CPA)

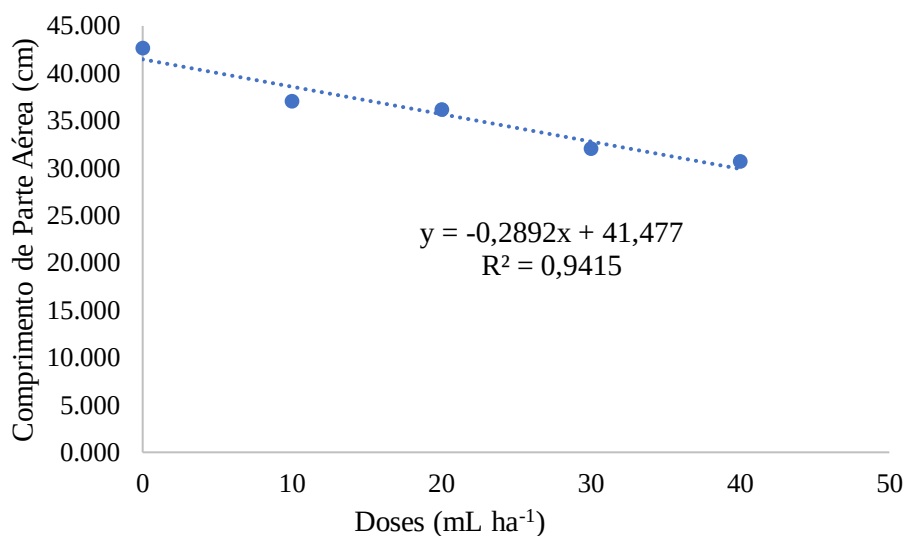
Os resultados obtidos na avaliação realizada 40 dias após a aplicação não apresentaram ajuste aos modelos de regressão testados (Figura 1). Observou-se que, no intervalo entre a primeira e a segunda aplicação foliar, as mudas não responderam significativamente às diferentes doses aplicadas, indicando ausência de interferência nas variáveis fisiológicas relacionadas ao seu desenvolvimento.

Figura 1: Comprimento de parte aérea (cm), avaliação feita 40 dias após a primeira aplicação



Na análise da parte aérea realizada aos 80 dias após a segunda aplicação, os dados ajustaram-se de forma linear ao modelo de regressão (Figura 2). As mudas demonstraram maior responsividade ao fertilizante mineral à base de *Ascophyllum nodosum*. No entanto, constatou-se que maiores concentrações do fertilizante inibiram o desenvolvimento das plantas.

Figura 2: Comprimento de parte aérea (cm), avaliação feita 80 dias após a segunda aplicação



Resultados similares foram relatados por Silva Filho *et al.* (2012) e Mackinnon *et al.* (2010) ao avaliarem o desenvolvimento inicial de mudas de couve-flor e maracujazeiro-amarelo em função de diferentes concentrações de extrato de algas. Nesses estudos, maiores concentrações do extrato também acarretaram redução no desenvolvimento das plantas em comparação ao tratamento controle. Segundo esses autores, tal efeito pode ser atribuído ao fato de que pequenas concentrações de extratos de algas são suficientes para estimular a produção de citocininas, hormônios essenciais para a divisão celular e o crescimento das mudas.

Os demais tratamentos não apresentaram resultados significativos em comparação ao controle, no qual as mudas exibiram menor crescimento em altura.

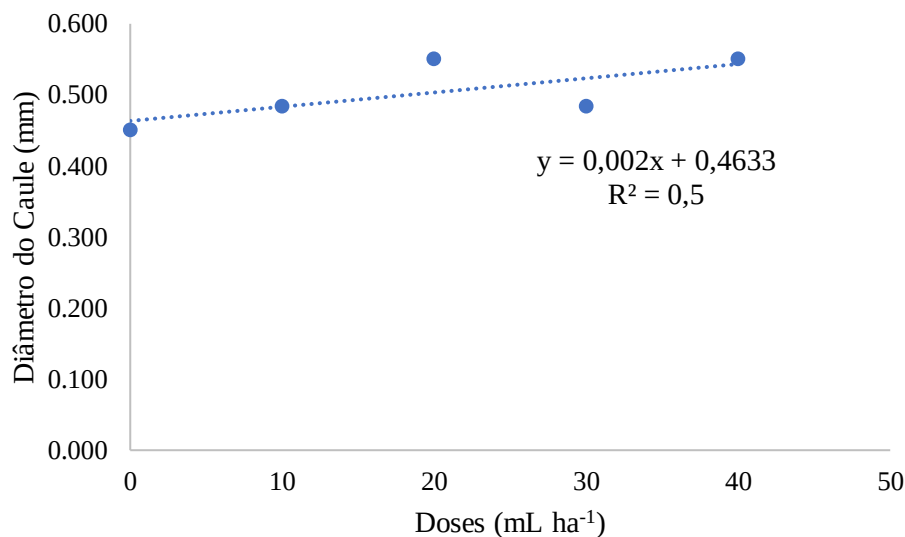
Entretanto, o tratamento com a dosagem de 10 mL ha⁻¹ destacou-se entre os demais, obtendo resultados superiores e similares ao controle. Esse efeito pode ser explicado, conforme descrito por Navarro, Peña e Fierro (2007), pela possível acumulação excessiva de íons de sódio nos tecidos vegetais, o que pode influenciar negativamente os processos fisiológicos, como a taxa de assimilação de CO₂, e levar a um desequilíbrio nutricional.

Os tratamentos com dosagens de 20 mL ha⁻¹, 30 mL ha⁻¹ e 40 mL ha⁻¹ não promoveram, de forma geral, ganhos significativos ao longo do experimento, apresentando um desenvolvimento inferior da parte aérea. O uso de altas dosagens de fertilizante mineral à base de *Ascophyllum nodosum* não conseguiu expressar efeitos fisiológicos positivos nas mudas via aplicação foliar, possivelmente contribuindo para a inibição do crescimento e do desenvolvimento vegetal.

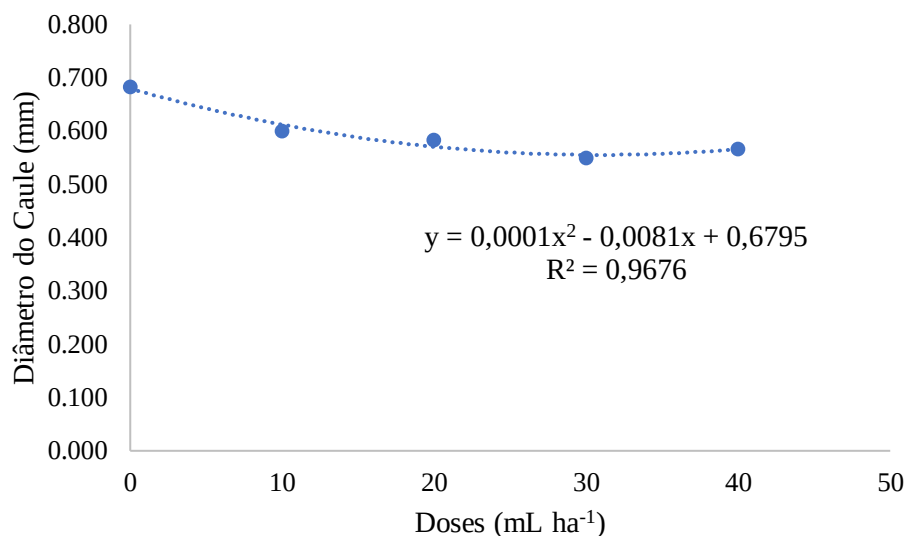
3.2 DIÂMETRO DO CAULE (DC)

Os resultados obtidos nas avaliações realizadas 40 dias após a primeira aplicação e 80 dias após a segunda aplicação apresentaram comportamento quadrático nos testes de regressão. Na segunda avaliação, foi observado um estímulo inicial de 50% na espessura do caule no tratamento 5, que apresentou o melhor resultado ao ser submetido à dosagem de 40 mL ha⁻¹ (Figura 3). No entanto, na terceira avaliação, realizada 80 dias após a segunda aplicação, o aumento das concentrações para níveis mais elevados resultou em um decréscimo no desempenho do tratamento 5 (Figura 4).

Figura 3: Diâmetro do caule (mm), avaliação feita 40 dias após a primeira aplicação



Na análise do diâmetro do caule realizada 80 dias após a segunda aplicação, os demais tratamentos não apresentaram resultados significativos em comparação ao controle (Figura 4). Nesse caso, as mudas demonstraram menor desenvolvimento no diâmetro do caule. Pode-se afirmar que os tratamentos foram submetidos a altas concentrações de fertilizante mineral à base de *Ascophyllum nodosum*, o que resultou em inibição do desenvolvimento do caule após a segunda aplicação.

Figura 4: Diâmetro do caule (mm), avaliação feita 80 dias após a segunda aplicação

Segundo Castellanos-Barriga *et al.* (2017), o efeito promovido pela aplicação do extrato de *Ascophyllum nodosum* pode estar relacionado à sua composição química e à concentração utilizada, uma vez que o extrato contém uma ampla diversidade de componentes, como macro e micronutrientes, além de reguladores de crescimento. Assim, dependendo da concentração aplicada, esses componentes podem promover efeitos diretos ou indiretos. No presente estudo, acredita-se que o declínio no diâmetro do caule tenha sido causado pela alta concentração do produto, o que interferiu negativamente no desenvolvimento das plantas.

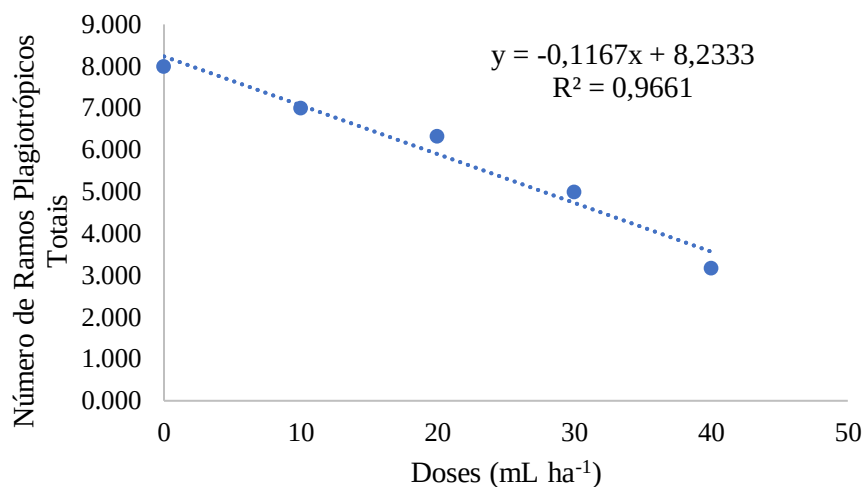
Resultados semelhantes foram encontrados por Araújo *et al.* (2020), que, ao avaliarem o crescimento do sorgo sob diferentes formas de aplicação de fertilizantes, constataram que esses produtos não interferiram no crescimento do diâmetro do caule.

Fagan *et al.* (2010) e Wanderley Filho (2011) explicam que os fertilizantes podem favorecer diretamente as taxas fotossintéticas e a condutância estomática, embora possam, temporariamente, inibir a respiração da planta. A ausência de respostas significativas em relação às trocas gasosas é um dado relevante, sugerindo que, em alguns casos, esses produtos não promovem efeitos no desenvolvimento da planta, tornando seu uso desnecessário, especialmente quando pode aumentar os custos de produção.

3.3 NÚMERO DE RAMOS PLAGIOTRÓPICOS TOTAIS (NRPT)

A quantidade de ramos plagiotrópicos avaliados aos 120 dias após o transplântio apresentou comportamento linear decrescente no teste de regressão (Figura 5).

Figura 5: Número de ramos plagiotrópicos, avaliação feita aos 120 dias após as duas aplicações submetidas



Observou-se que, quanto maiores as dosagens aplicadas, menor foi o número de ramos. No presente experimento, as doses aplicadas mostraram-se acima do ideal para as mudas de café, inibindo o desenvolvimento e afetando a fisiologia da planta. Alterações no número de ramos entre os tratamentos aplicados na cultivar Catucaí Amarelo 2SL não representam bons indicadores, considerando que esses ramos estão diretamente associados à produtividade do cafeeiro, pois é neles que os frutos se desenvolvem. O comprometimento no crescimento desses ramos pode resultar em uma baixa produtividade. De acordo com Silva Filho (2012), em um estudo sobre o efeito de bioestimulantes no cafeeiro, o uso dessas substâncias não interferiu no crescimento vegetativo médio dos ramos plagiotrópicos.

3.4 SISTEMA RADICULAR

As avaliações realizadas aos 120 dias após o transplântio apresentaram ajuste quadrático para os parâmetros de comprimento, área e diâmetro das raízes. Já o volume das raízes ajustou-se ao modelo linear no teste de regressão. Nos parâmetros avaliados, como comprimento total de raízes, volume total de raízes, área total de raízes e diâmetro médio das raízes, não foram observadas respostas positivas às doses de fertilizante mineral à base de *Ascophyllum nodosum* aplicadas. Esses resultados, quando comparados estatisticamente ao controle (dose zero), indicam que as doses utilizadas não promoveram diferenças significativas no desenvolvimento do sistema radicular.

Resultados semelhantes foram encontrados por Crozier *et al.* (2000), que testaram o efeito da aplicação de extrato de algas *Ascophyllum nodosum* e destacaram em sua composição a presença de diversos hormônios vegetais, como auxina, citocinina e giberelina. Esses hormônios são responsáveis pelos sinais químicos, carregam informações e modificam o estado fisiológico das células. Nesse contexto, os efeitos promovidos pela citocinina incluem a inibição ou estímulo de diversos processos fisiológicos e bioquímicos nas mudas, em associação com as auxinas, e em função da razão citocinina/auxina. Mackinnon *et al.* (2010) e Khan *et al.* (2012) destacam que esse

regulador, quando em desequilíbrio com a citocinina, pode reduzir o crescimento dos tecidos radiculares. Altas concentrações de auxinas podem impedir ou reduzir o desenvolvimento do sistema radicular das mudas, o que possivelmente justifica o comportamento observado, no qual concentrações mais elevadas do extrato de algas, associadas a micronutrientes, inibem o desenvolvimento do sistema radicular das mudas de cafeeiro.

Figura 6: Volume total de raízes (mm³), avaliação feita aos 120 dias após as duas aplicações submetidas

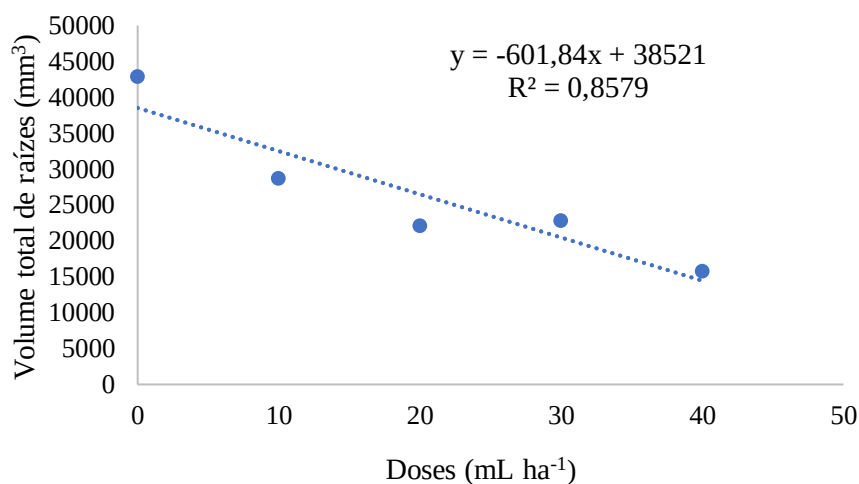


Figura 7: Área total de raízes (mm²), avaliação feita aos 120 dias após as duas aplicações submetidas

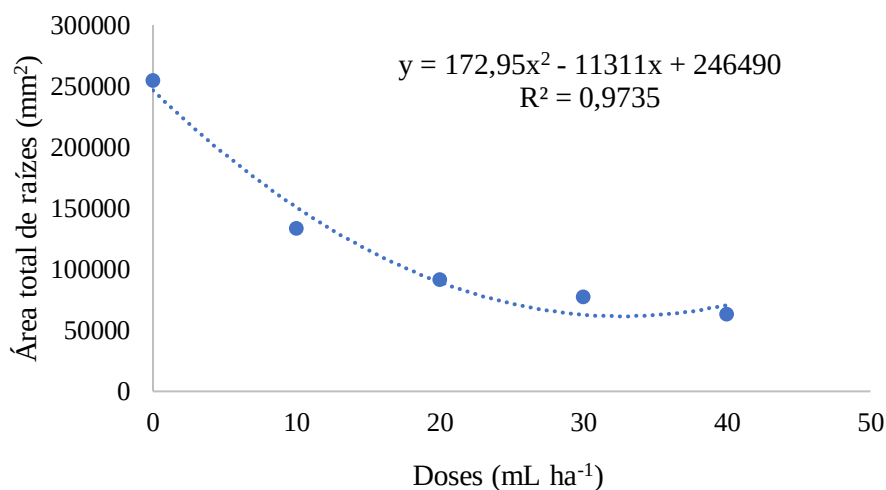


Figura 8: Diâmetro médio das raízes (mm), avaliação feita aos 120 dias após as duas aplicações submetidas

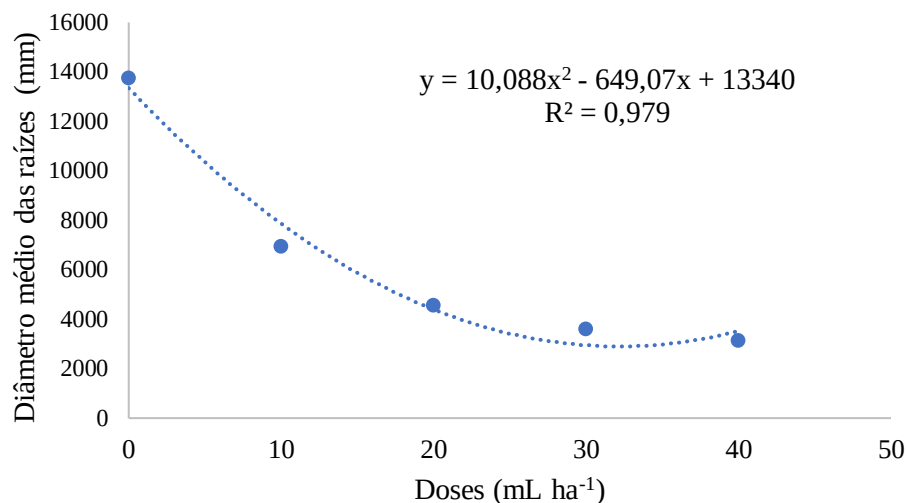
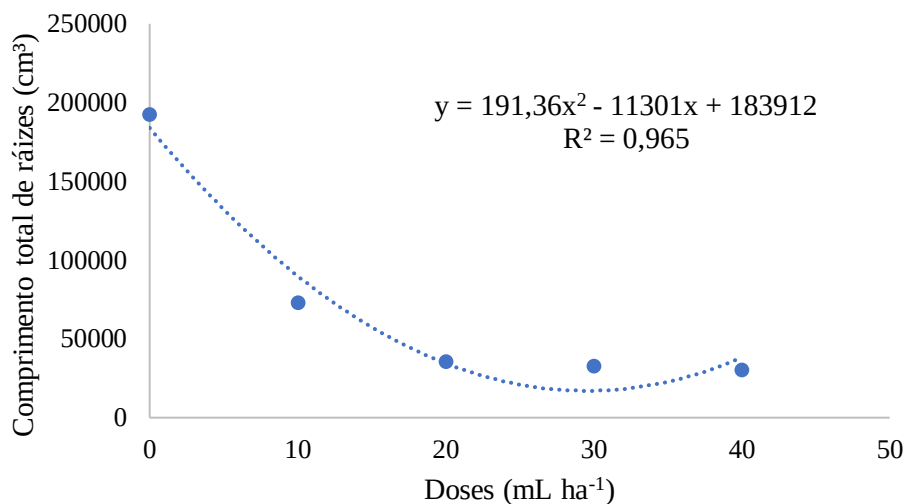


Figura 9: Comprimento total de raízes (cm²), avaliação feita aos 120 dias após as duas aplicações submetidas



4 CONCLUSÃO

Concluiu-se que não houve respostas positivas em relação às doses aplicadas do extrato de algas associado a micronutrientes para o incremento no desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular em mudas de cafeeiro.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, G. P. *et al.* Crescimento do sorgo sob diferentes formas de aplicação de bioestimulantes. *Acta Iguazu*, v. 9, n. 3, p. 83-93, 2020. DOI: <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v9i3.24063>.

BATTACHARYYA, D. *et al.* Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, [S.l.], v. 196, p. 39-48, nov. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012>.

BRAGANÇA, S. M. **Crescimento e acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro conilon** (*Coffea canephora Pierre*). 2005. 99 p. Tese (Doutorado) – Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2005.

CASTELLANOS-BARRIGA, L. G. *et al.* Effect of seaweed liquid extracts from *Ulva lactuca* on seedling growth of mung bean (*Vigna radiata*). **Journal of Applied Phycology**, v. 29, p. 2479-2488, 2017.

CHAVES FILHO, J. T. **Variação sazonal de amido em tecidos de reserva do cafeeiro arábica na fase reprodutiva**. 2008. 69 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008.

CROZIER, A. *et al.* Biosynthesis of hormones and elicitor molecules. *In*: BUCHANAN, B.B.; GRISSEN, W.; JONES, R.L. (ed.) **Biochemistry and Molecular Biology of Plants**. Maryland: Amercian Society of Plant Physiologists, 2000. p. 850-894.

FAGAN, E. B. *et al.* Efeito da aplicação de piraclostrobina na taxa fotossintética, respiração, atividade da enzima nitrato redutase e produtividade de grãos de soja. **Bragantia**, [S.l.], v. 69, n. 4, p. 771-777, dez. 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0006-87052010000400001>.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciências e Agrotecnologia*, [S.l.] v. 38, n. 2, p.109-112, mar./abr. 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/15349>.

KHAN, A. S. *et al.* Foliar application of mixture of amino acids and seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract improve growth and physicochemical properties of grapes. **International Journal Of Agriculture And Biology**, [S.l.], v. 14, n. 3, p. 383-388, 2012.

MALISZEWSKI, E. **Cerrado Mineiro investe no plantio de novas cultivares de café**. Agrolink. 2021.

MACKINNON, S. L. *et al.* Improved methods of analysis for betaines in *Ascophyllum nodosum* and its commercial seaweed extracts. **Journal of Applied Phycology**, [S.l.], v. 22, p. 489-494, 2010.

MATIELLO, J. B. Formação do cafezal produtivo. *In*: MATIELLO, J. B. *et al.* **Cultura de café no Brasil**: manual de recomendações. Rio de Janeiro- RJ | Varginha- MG: MAPA, 2010. cap. 4, p. 98-150.

NAVARRO, R. M.; PEÑA, M. A.; FIERRO, J. L. G. Hydrogen Production Reactions from Carbon Feedstocks: fossil fuels and biomass. **Chemical Reviews**, [S.l.], v. 107, n. 10, p. 3952-3991, 23 ago. 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/cr0501994>.

SANTOS, G. L. **Desenvolvimento inicial de cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação**. 2019. 88 p. Dissertação (Mestrado) - Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2019.

SHARMA, H. S. S. *et al.* Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. **Journal of Applied Phycology**, [S.l.], v. 26, n. 1, p. 465-490, 14 ago. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-013-0101-9>.

SILVA, E. M. da; CARVALHO, G. R.; ROMANIELLO, M. M. **Mudas de Cafeeiros: tecnologias de produção**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2000. (Boletim técnico, 60)
SILVA FILHO, M. J. *et al.* Efeito de bioestimulantes no cafeeiro. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 4., 2012, Ituverava. **Anais [...]**. [S.l.]: 2012.

WANDERLEY FILHO, H. C. de L. **Uso de bioestimulantes e enraizadores no crescimento inicial e tolerância à seca em cana-de-açúcar**. 2011. 47 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) - Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2011. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/riufal/253>.

Efeito do número de sementes na semeadura sobre a produção de trigo (*Triticum aestivum* L.) para silagem

The effect of seed number in sowing on the production of wheat (Triticum aestivum L.) for silage

DANILO RODRIGUES SILVA

Discente de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: danilorodriguesilva@unipam.edu.br

MAURICIO ANTÔNIO DE OLIVEIRA COELHO

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: mauricioac@unipam.edu.br

Resumo: O trigo (*Triticum aestivum* L.) é o segundo cereal mais consumido no mundo, superado apenas pelo milho. Trabalhos recentes desenvolvidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) indicam grande potencial de seu uso como forrageira. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do número de sementes na semeadura sobre a produção de trigo para silagem. Foi utilizada a cultivar MGS Brilhante (EPAMIG), de porte alto, resistente ao acamamento, e sem aristas, que é recomendada para cultivo de sequeiro no cerrado. Esse experimento foi realizado no Campo Experimental de Sertãozinho (EPAMIG), município de Patos de Minas, Minas Gerais, Brasil (18°32'23.14"S 46°27'27.40"O), altitude média de 950 metros e precipitação média anual de 1400mm. A semeadura foi realizada em 01/07/2022 e colheita efetuada em 04/10/2022. Foram aplicados 250 kg.ha⁻¹ de 08-28-16 na semeadura e 100 kg.ha⁻¹ de N em forma de 30-00-20 em cobertura. Os parâmetros avaliados foram produtividade de matéria fresca (kg.ha⁻¹), produtividade de matéria seca (kg.ha⁻¹) e porcentagem da massa da espiga na matéria seca total. A produção máxima de matéria fresca foi obtida com a distribuição de 434,1 sementes por metro quadrado, correspondendo a uma produtividade de 33.016 toneladas de matéria fresca por hectare de trigo para forragem. A produção máxima de matéria seca foi observada com a distribuição de 429,2 sementes por metro quadrado, correspondendo a uma produção de 7.843,7 kg de matéria seca de trigo para silagem por hectare. Acima da distribuição de 200 sementes de trigo por metro quadrado ocorreu uma redução linear na participação das espigas na matéria seca total produzida. Nas condições em que o experimento foi conduzido, concluiu-se que a quantidade ótima de sementes recomendada para a cultivar MGS-Brilhante semeada em linha visando máxima produtividade de matéria fresca e matéria seca situa-se entre 429 e 434 sementes por metro quadrado.

Palavras-chave: matéria fresca; matéria seca; forrageira.

Abstract: Wheat (*Triticum aestivum* L.) is the second most consumed cereal in the world, surpassed only by corn. Recent research developed by the Agricultural Research Company of Minas Gerais (EPAMIG) indicates great potential for its use as forage. This study aimed to

evaluate the influence of seed number in sowing on wheat production for silage. The cultivar MGS Brilhante (EPAMIG) was used, a tall, lodging-resistant, awnless variety recommended for dryland cultivation in the Brazilian cerrado. The experiment was conducted at the Sertãozinho Experimental Field (EPAMIG) in the municipality of Patos de Minas, Minas Gerais, Brazil (18°32'23.14"S, 46°27'27.40"W), with an average altitude of 950 meters and an annual average precipitation of 1400mm. Sowing took place on 01/07/2022, and harvesting was completed on 04/10/2022. A total of 250 kg.ha⁻¹ of 08-28-16 fertilizer was applied at sowing, and 100 kg.ha⁻¹ of nitrogen as 30-00-20 was applied as topdressing. The parameters evaluated were fresh matter yield (kg.ha⁻¹), dry matter yield (kg.ha⁻¹), and the percentage of ear mass in total dry matter. The maximum fresh matter yield was obtained with a seed distribution of 434.1 seeds per square meter, corresponding to a fresh matter yield of 33.016 tons per hectare of wheat for forage. The maximum dry matter yield was observed with a seed distribution of 429.2 seeds per square meter, corresponding to a production of 7,843.7 kg of dry matter from wheat silage per hectare. Above the distribution of 200 wheat seeds per square meter, there was a linear decrease in the proportion of ears in the total dry matter produced. Under the conditions in which the experiment was conducted, it was concluded that the optimal seed quantity recommended for the MGS-Brilhante cultivar sown in rows for maximum fresh and dry matter productivity is between 429 and 434 seeds per square meter.

Keywords: fresh matter; dry matter; forage

1 INTRODUÇÃO

O trigo é uma gramínea de grande importância econômica e alimentícia no cenário mundial, pois faz parte da dieta de grande parte da população mundial e da de animais. Em 2023, está estimada uma produção nacional de 10,4 milhões de toneladas de trigo, sendo projetadas no estado de Minas Gerais 460 mil toneladas. Só no estado de Minas Gerais a área cultivada, que era de 108.9 mil ha em 2022, passou para 167.2 mil ha em 2023 (CONAB, 2023).

A alimentação de bovinos para produção de carne e leite no Brasil depende substancialmente da utilização de pastagens naturais ou cultivadas. Neste sentido, o custo de produção fica reduzido, desde que haja chuvas suficientes para manter o crescimento e desenvolvimento das pastagens. Entretanto, já é conhecida a sazonalidade da produção forrageira no nosso país, caracterizada por um período com abundância de forragem com bom valor nutritivo e outro período com escassez do alimento associado à redução do seu valor nutritivo agregado (Andrade *et al.*, 2010).

No Brasil, a principal alternativa adotada para oferta de volumoso suplementar no período seco do ano é a produção de silagem, principalmente a partir da cultura do milho. Com essa técnica, conserva-se parte e/ou o excesso da forragem produzida no período de maior abundância de chuvas, otimizando a produção de leite e carne o ano todo, fornecendo forragem de alta qualidade (Andrade *et al.*, 2010). De acordo com Assis *et al.* (2014), a cultura do milho (*Zea mays*) está muito bem adaptada em todo território Brasileiro, apresentando considerável produção de matéria seca (MS) por hectare em todas as regiões brasileiras. O milho possui elevado valor nutritivo, o que lhe confere ótimas condições para sua conservação na forma de silagem. Contudo, o desenvolvimento de híbridos cada vez mais produtivos proporcionou também

substancial elevação no custo das sementes desses híbridos de milho. O alto custo das sementes dos híbridos de milho reflete diretamente na elevação do custo de produção da silagem de milho e conseqüentemente no custo de produção do leite. Dessa forma, os produtores buscam alternativas de forrageiras para silagem com custos de produção inferiores.

Estudos recentes realizados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais indicam que o trigo (*Triticum aestivum* L.) aparece como uma excelente opção para a produção de silagem na entressafra. Na busca por alternativas mais econômicas, alguns produtores na região Sul do Brasil têm optado por fazer silagem utilizando cereais de inverno, principalmente devido ao clima favorável. De acordo com Coelho (2013), o trigo aparece como alternativa de cultivo no outono/inverno em Minas Gerais e outras regiões tropicais do Brasil. Especificamente em Minas Gerais, além das regiões tradicionalmente produtoras de trigo como o Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba e Noroeste de Minas, aparecem novas regiões tritícolas como o Campo das Vertentes, Sul de Minas e a Região Central do Estado. Entre outras vantagens, o cultivo do trigo permitirá ao produtor de leite utilizar as terras da propriedade em um período do ano que, normalmente, elas ficam ociosas.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito do número de sementes na semeadura sobre a produção de trigo para silagem.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Campo Experimental de Sertãozinho (EPAMIG), município de Patos de Minas, Minas Gerais, Brasil (18°32'23.14"S 46°27'27.40"O), altitude média de 950 metros. A semeadura foi realizada com uma semeadora de 13 linhas própria para plantio de cereais de grãos pequenos, sendo utilizada densidade de 70 sementes por metro linear. Utilizou-se irrigação com pivô central, com lâmina média semanal de 20 mm, totalizando 280 mm durante o período do experimento. A semeadura foi realizada em 01/07/2022 e a colheita efetuada em 04/10/2022. Foram aplicados 250 kg.ha⁻¹ de 08-28-16 na semeadura e 100 kg.ha⁻¹ de N em forma de 30-00-20 na cobertura.

A semeadura foi utilizada a cultivar MGS-Brilhante (EPAMIG), de porte alto, resistente ao acamamento, e sem aristas, recomendada para cultivo de sequeiro no cerrado. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e cinco repetições (Tabela 1). As parcelas experimentais constaram de cinco linhas de 5 m espaçadas de 0,20 cm, totalizando 5 m² por parcela. Em cada parcela, foram eliminados 0,5 m de cada extremidade, coletando-se os dados apenas nas três linhas centrais de cada parcela, correspondendo à área útil de 2,4 m².

Tabela 1: Descrição dos tratamentos utilizados no experimento: “Efeito do número de sementes na semeadura sobre a produção de trigo (*Triticum aestivum* L.) para silagem de trigo. Patos de Minas (MG), 2022

TRATAMENTO	DESCRIÇÃO
T1	200 sementes.m ⁻²
T2	300 sementes.m ⁻²

T3	400 sementes.m ⁻²
T4	500 sementes.m ⁻²
T5	600 sementes.m ⁻²

Os parâmetros avaliados foram matéria fresca total de plantas de trigo, matéria seca total de plantas de trigo e porcentagem de grãos de trigo na matéria seca total.

Para avaliação de matéria fresca e seca, foi realizada a coleta das plantas na área útil da parcela. Posteriormente, o material coletado nas parcelas foi separado e identificado. Para obtenção da matéria fresca, as plantas foram pesadas logo após a colheita; para determinação da matéria seca, as plantas foram levadas para estufa de ventilação forçada por 72 horas a 65°C.

Para obtenção da porcentagem da massa de espigas na matéria seca das plantas de trigo, após a secagem da massa total das parcelas, a matéria seca das espigas de cada parcela foram separadas e pesadas isoladamente. Posteriormente, determinou-se o peso seco das espigas e a porcentagem que elas representavam na matéria total colhida em cada parcela.

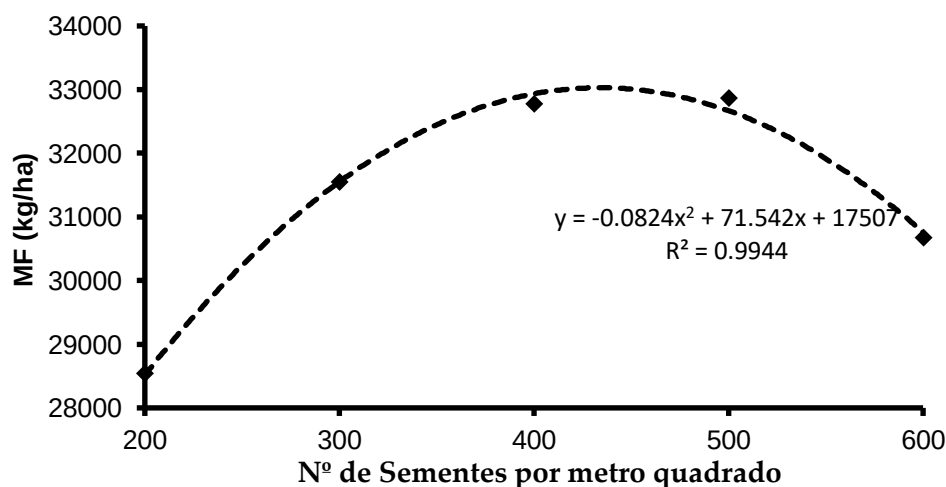
Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão. Adotou-se como critério de escolha dos modelos a significância dos coeficientes de regressão, o significado biológico do modelo ou o valor do coeficiente de determinação (R^2).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 MATÉRIA FRESCA

Em relação à produção de matéria fresca, houve resposta quadrática do número de sementes por metro quadrado, tendo assim uma queda em determinada quantidade de sementes, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1: Matéria fresca em função do número de sementes por metro quadrado no experimento conduzido no campo experimental de Sertãozinho/EPAMIG. Patos de Minas (MG), 2022



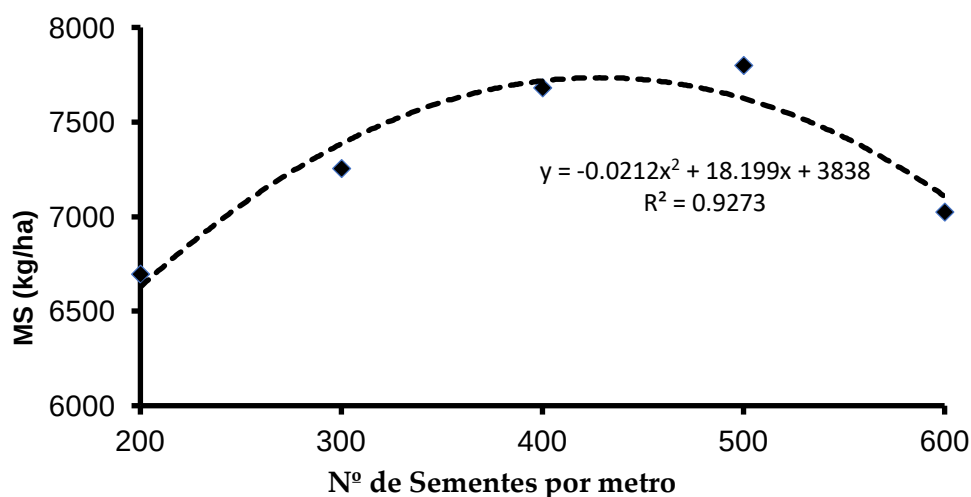
Observou-se que o ponto de máxima produção de matéria fresca foi obtido com a distribuição de 434,1 sementes por metro quadrado, correspondendo a uma produtividade de 33.016 toneladas de matéria fresca por hectare de trigo para forragem. Observou-se, nas parcelas experimentais dos tratamentos onde a densidade de plantas foi menor, que havia espaços vazios na linha de semeadura. A ausência de plantas refletiu diretamente na produção de matéria fresca. Outro fator que pode ter influenciado nos resultados pode ser a baixa capacidade de perfilhamento da cultivar MGS-Brilhante. Observou-se que em média havia 2 ou 3 perfilhos por planta. Verificou-se que nas parcelas dos tratamentos com 500 ou 600 sementes por metro linear ocorreu uma competição entre plantas por espaço, refletindo no estiolamento da maioria das plantas e, diretamente, na capacidade delas de produção de matéria fresca.

Em outros trabalhos, foi observado que a densidade de 400 sementes por m² obteve o melhor resultado, mesmo estatisticamente não sendo tão diferente da densidade de 500 sementes por m² (Montenegro *et al.*, 2021).

3.2 MATÉRIA SECA

Assim como a produção de matéria fresca, e nas condições em que o experimento foi conduzido, encontrou-se resposta quadrática para a produção de matéria seca, que, com o aumento da quantidade de sementes por metro quadrado, ocorreu uma queda na produção de MS. (Figura 2).

Figura 2: Matéria seca em função do número de sementes.m⁻² no experimento conduzido no Campo Experimental de Sertãozinho/EPAMIG. Patos de Minas (MG), 2022



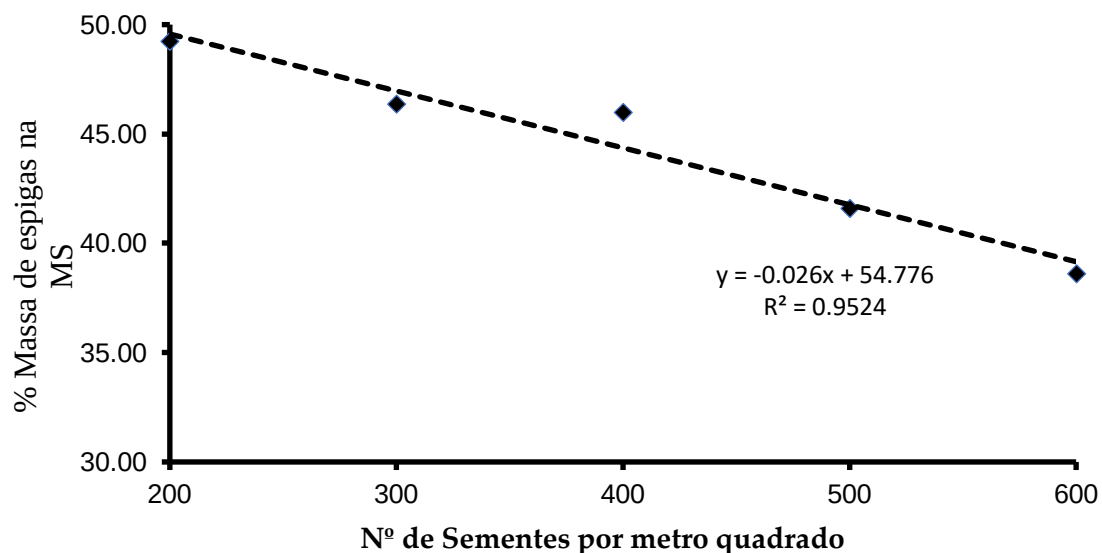
A produção máxima de matéria seca foi observada com a distribuição de 429,2 sementes por metro quadrado, correspondendo a uma produção de 7.843,7 kg de matéria seca de trigo para silagem por hectare. De acordo com os resultados obtidos na distribuição de sementes para a produção máxima de matéria fresca (434,1 sementes por metro quadrado), foi possível perceber que o número de sementes para a obtenção da produção máxima de matéria seca está muito próximo. Há uma razão lógica para esses

resultados, pois a determinação da matéria seca passou apenas pela retirada da água da matéria fresca. Dessa forma, os mesmos fatores que influenciam na produção de matéria fresca estão relacionados com a produção de matéria seca, refletindo em uma resposta equivalente quanto ao número de sementes para a produção dos respectivos parâmetros.

3.3 PORCENTAGEM DA MASSA DAS ESPIGAS NA MATÉRIA SECA TOTAL

Nas condições em que o experimento foi conduzido, observou-se uma tendência de redução na porcentagem de espigas na matéria seca total com o acréscimo do número de sementes por metro quadrado (Figura 3).

Figura 3: Porcentagem da massa de espigas na matéria seca total de trigo em função do número de sementes por metro quadrado, no experimento conduzido no Campo Experimental de Sertãozinho/EPAMIG. Patos de Minas (MG), 2022



A participação da massa de espiga na matéria seca total foi superior na menor quantidade de sementes por metro quadrado, ou seja, na distribuição de 200 sementes por metro quadrado. Ocorreu uma redução linear na participação das espigas na matéria seca total com o aumento da densidade de sementes por metro quadrado. Provavelmente, onde houve populações menores de plantas de trigo, ocorreu maior disponibilidade dos recursos naturais por plantas individuais. Neste sentido, pode ter ocorrido maior translocação de água e nutrientes para os grãos, aumentando a massa deles, proporcionando espigas mais pesadas. Além de água e nutrientes, em populações menores de plantas por área, pode ter ocorrido maior disponibilidade de CO₂ e consequentemente maior taxa fotossintética das plantas, acarretando em maior eficiência no enchimento de grãos e massa total das espigas.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, I. V. O.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; VELOSO, C. M.; BONOMO, P. Fracionamento de proteína e carboidratos em silagens de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 11, p. 2342-2348, 2010.

ASSIS, F. G. V.; ÁVILA, C.; J. C.; SCHWAN, R. F.; New inoculants on maize e silage fermentation. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, n. 8, p. 395-403, 2014.

COELHO, M. A. de O. Manejo das principais doenças e pragas na cultura do trigo em regiões tropicais do Brasil. **Informe Agropecuário. Trigo Tropical**, Belo Horizonte, v. 34, n. 274, p. 60-70, 2013.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento safra brasileira de grãos: safra 2022/23**, n. 7. Brasília, 2023.

MONTENEGRO, A.; CAIERÃO, E.; MIRANDA, F.; NASCIMENTO, J.; FERREIRA, C. Avaliação de cultivares de trigo sob diferentes densidades de semeadura na região da Serra da Ibiapaba, Ceará. *In: Avaliação de cultivares de trigo sob diferentes densidades de semeadura na região da Serra da Ibiapaba, Ceará*. Fortaleza, CE, ago. 2021. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1133926/1/BP-221.pdf>.

Tratamento industrial de linhagem de milho e seus reflexos na qualidade fisiológica durante o armazenamento

Industrial treatment of maize line and its impact on physiological quality during storage

NATÁLIA PEREIRA SILVA
Discente de Agronomia (UNIPAM)
E-mail: nataliaps@unipam.edu.br

KARLA VILAÇA MARTINS
Professora orientadora (UNIPAM)
E-mail: karlavm@unipam.edu.br

Resumo: O tratamento industrial de sementes desempenha um papel fundamental na cultura do milho, especialmente no controle de pragas e doenças que afetam a cultura, garantindo maior uniformidade e estande desejável. Além disso, os cuidados com o ambiente de armazenamento são indispensáveis. Contudo, é essencial compreender a influência dos produtos químicos utilizados e das condições de armazenamento na qualidade fisiológica das sementes. O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de uma linhagem de milho, submetidas ao tratamento industrial e armazenadas em câmara fria a 10°C e à temperatura ambiente por 180 dias. O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes da empresa Helix Sementes, localizada em Patos de Minas, Minas Gerais. Foram utilizadas sementes de uma linhagem de milho fornecidas pela própria empresa. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2, com três tratamentos de sementes, incluindo o controle, e dois ambientes de armazenamento: câmara fria a 10°C e temperatura ambiente. Os testes foram realizados com quatro repetições. Avaliou-se a porcentagem de germinação em papel e a emergência, por meio dos testes de germinação em areia, canteiro e teste de frio, realizados aos sete dias após a instalação. Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, utilizando o software Genes. O tratamento industrial com misturas de princípios ativos proporcionou adequada qualidade fisiológica das sementes de linhagem de milho, sem interferir negativamente durante o armazenamento por 180 dias. Por outro lado, o armazenamento em condições não controladas resultou em uma acentuada diminuição do vigor das sementes. Conclui-se que as sementes armazenadas em câmara fria mantêm sua qualidade preservada por até 180 dias.

Palavras-chaves: canteiro; emergência; melhoramento; vigor; *Zea mays* L.

Abstract: The industrial treatment of seeds plays a fundamental role in maize cultivation, particularly in controlling pests and diseases that affect the crop, ensuring greater uniformity and a desirable stand. Additionally, care with the storage environment is indispensable. However, it is essential to understand the influence of the chemicals used and storage conditions on the physiological quality of seeds. The objective of this study was to evaluate the physiological quality of maize seeds from a specific line, subjected to industrial treatment and stored in a cold chamber at 10°C and at ambient temperature for 180 days. The experiment was conducted at the

Seed Analysis Laboratory of Helix Sementes, located in Patos de Minas, Minas Gerais. Seeds from a maize line provided by the company were used. The experimental design was completely randomized, in a 3 x 2 factorial scheme, with three seed treatments, including the control, and two storage environments: cold chamber at 10°C and ambient temperature. The tests were performed with four replications. The germination percentage on paper and emergence were evaluated through germination tests in sand, a seedbed, and a cold test, performed seven days after installation. The data were subjected to analysis of variance, and the means were compared using the Tukey test, utilizing the Genes software. The industrial treatment with active ingredient mixtures provided adequate physiological quality of the maize seeds, without negatively affecting them during storage for 180 days. On the other hand, storage under uncontrolled conditions resulted in a significant decrease in seed vigor. It is concluded that seeds stored in a cold chamber maintain their quality for up to 180 days.

Key-words: seedbed; emergence; improvement; vigor; *Zea mays* L.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas de maior importância no cenário agrícola mundial, sendo amplamente utilizado de diversas formas, tanto para consumo animal, em rações, quanto para consumo humano, na forma de farinhas, in natura e outros produtos. Este cereal apresenta uma ampla gama de variedades disponíveis no mercado, com características genéticas de alta produtividade, as quais podem ser selecionadas por melhoristas ao longo de anos sucessivos, promovendo o avanço do melhoramento genético da cultura (Oliveira, 2009).

As linhagens de milho correspondem a grupos de indivíduos com ascendência comum, obtidos por sucessivas autofecundações. Essas linhagens são empregadas no desenvolvimento de novos híbridos, sendo que o cruzamento entre duas linhagens resulta em um híbrido simples. Essas sementes são então testadas para identificar e avaliar sua qualidade fisiológica e vigor, com o objetivo de continuar o processo de melhoramento visando a obtenção de híbridos altamente produtivos (Borém, 2005).

Em Minas Gerais, a safra de milho verão de 2021 sofreu atraso no plantio devido às precipitações tardias, o que influenciou negativamente o desenvolvimento da lavoura e resultou na redução da produtividade desse cereal. Nesse contexto, a expectativa para a safra atual apresentou uma redução de 15,5% em comparação à safra anterior, com produção estimada em 86,7 milhões de toneladas. Apesar desse contratempo, as perspectivas permanecem otimistas (CONAB, 2021).

Um dos principais fatores que contribuem para o sucesso na produção deste cereal é a utilização de sementes com excelente sanidade e alto vigor. A qualidade fisiológica das sementes resulta da combinação de atributos genéticos, fisiológicos, sanitários e físicos. Entre esses atributos, o componente fisiológico é o que melhor reflete o desempenho e a longevidade de um lote de sementes (Almeida *et al.*, 2014).

Na pós-colheita, as sementes armazenadas estão sujeitas a diversos fatores que podem acelerar a deterioração e reduzir sua qualidade fisiológica, afetando diretamente a germinação e a emergência das plântulas. Entre esses fatores, destacam-se os bióticos, como o ataque de pragas e doenças, e os abióticos, como a temperatura e o período de

armazenamento. Assim, quanto maior o tempo de estocagem em condições desfavoráveis, maior será o índice de deterioração das sementes (Rocha, 2017).

Neste contexto, os fatores adversos podem resultar na redução da qualidade fisiológica das sementes. Para minimizar esses problemas, empresas produtoras de sementes têm investido em tecnologias, como o tratamento industrial de sementes e o uso de câmaras frias, que visam proteger as sementes, preservar sua integridade física, manter a qualidade fisiológica e reduzir a disseminação de insetos e patógenos, evitando também sua introdução em áreas de produção (Caixeta, 2017).

Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade fisiológica de sementes de uma linhagem de milho submetidas ao tratamento industrial e armazenadas por 180 dias em câmara fria a 10° C e em temperatura ambiente.

2 METODOLOGIA

O experimento foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes da empresa Helix Sementes e Mudas LTDA, pertencente ao grupo Agrocere, localizada no município de Patos de Minas, Minas Gerais. A condução do experimento ocorreu entre agosto de 2020 e março de 2021.

Foram utilizadas sementes de uma linhagem de milho oriunda de um programa de melhoramento genético, identificada como Linhagem A, com o intuito de preservar as informações relacionadas às pesquisas da empresa.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos inteiramente casualizados (DIC), em esquema fatorial 3 x 2, com quatro repetições. O primeiro fator corresponde aos tratamentos químicos, realizados por meio de misturas de fungicidas e inseticidas (Tabela 1), enquanto o segundo fator refere-se aos dois ambientes de armazenamento: câmara fria e temperatura ambiente.

Tabela 1: Descrição dos tratamentos utilizados no experimento.
UNIPAM, Patos de Minas, MG

Tratamentos		Dose
		mL kg ⁻¹
T ₁	Controle (água)	11,5
T ₂	Clotianidina + clorantianiliprole + (Tiabendazol+Metalaxil-M + Fludioxonil) + (Carbendazim + Tiram)	4 + 3 + 1,5 + 3
T ₃	(Deltametrina + Pirimifós-metílico + Carbendazim + Tiram) + (Tiabendazol + Metalaxil-M + Fludioxonil)	(0,08 + 0,016 + 3)* + 1,5

*Total da mistura com adição de água é de 10 ml

As sementes utilizadas foram provenientes de um lote selecionado devido aos seus excelentes resultados de qualidade, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Descrição do lote utilizado para retirada das amostras.
UNIPAM, Patos de Minas, MG

Qualidade	(%) Germinação	(%) Vigor
T	99	97

Para o tratamento das sementes, os produtos foram dosados utilizando-se uma seringa e aplicados nas sementes por meio da máquina de tratamento de sementes por batelada. Após esse processo, as amostras foram acondicionadas em caixas de papel apropriadas para amostras de sementes, com a devida identificação do material e do tratamento. Posteriormente, as amostras foram armazenadas em dois ambientes: câmara fria e temperatura ambiente. Após 180 dias, os testes foram realizados.

O teste de germinação em papel foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes por tratamento, utilizando rolos de papel toalha (Germitest), que foram inicialmente pesados e umedecidos com uma quantidade de água equivalente a cerca de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos foram mantidos em câmara de germinação a 25°C por sete dias. As avaliações foram realizadas após sete dias de instalação. A definição de plântulas normais seguiu as diretrizes descritas nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), e os resultados estão expressos em porcentagem de plântulas normais por repetição de cada tratamento.

Para o teste de germinação em areia, foram semeadas quatro repetições de 50 sementes por tratamento. Em seguida, as sementes foram cobertas com uma camada de areia de aproximadamente três centímetros de espessura. As bandejas foram então colocadas em gabinetes e mantidas em câmara de germinação por sete dias. A definição de plântulas normais seguiu os critérios descritos no teste de germinação em papel (Brasil, 2009).

No teste de emergência em canteiro, foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes por tratamento, semeadas em canteiros localizados na casa de vegetação, compostos por areia, solo e substrato, no espaçamento de 1,0 m x 0,05 m e profundidade de 0,02 m. A irrigação dos canteiros foi realizada diariamente por aproximadamente 30 minutos. A contagem final foi feita sete dias após a semeadura, contabilizando as plântulas emergidas (Nakagawa, 1994).

O teste de frio foi conduzido seguindo a mesma metodologia do teste de germinação em areia, em bandejas contendo uma camada de areia e solo de aproximadamente 7 cm. Contudo, inicialmente as bandejas foram levadas para câmara fria a 10 °C, durante sete dias, e, após esse período, foram transferidas para o germinador a 25°C, por mais sete dias. Ao final, foi computada a porcentagem de plântulas normais (Vieira, 1994).

A análise estatística dos resultados foi realizada com o auxílio do programa GENES, que foi utilizado para as análises de variância (ANOVA) e para a análise de comparação de médias por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos no teste de germinação em papel, comparando os três tratamentos químicos e os dois ambientes de armazenamento. Constatou-se que não houve diferença significativa ao comparar o fator tratamento de sementes, assim como também não se observaram resultados relevantes nas interações entre os fatores câmara fria e temperatura ambiente.

Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Fessel *et al.* (2003), que avaliaram sementes de milho tratadas com misturas de fungicidas e inseticidas e armazenadas por até 12 meses. Os autores concluíram que não houve interferência na germinação durante o período de até 12 meses de armazenamento.

Tabela 3: Resultados da germinação, expressos em porcentagem, em função do tratamento e 180 dias após o armazenamento em dois ambientes.

UNIPAM, Patos de Minas – MG

Tratamento	Germinação Papel	
	Câmara Fria %	Temperatura Ambiente %
T1	95 aA	93 aA
T2	95 aA	96 aA
T3	95 aA	97 aA
CV%		2,27

*Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL e minúsculas na VERTICAL não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

De acordo com Marcos-Filho (1999; 2015), o teste de germinação, embora indispensável na avaliação da qualidade de sementes em laboratórios, apresenta limitações, pois avalia o poder germinativo das sementes sob condições ideais de ambiente. Assim, é necessário realizar testes de vigor para diferenciar a qualidade dos lotes. O autor também ressalta que o teste de germinação não deve ser substituído pelos testes de vigor, mas sim complementado por eles, a fim de identificar diferenças que não podem ser visualizadas no teste de germinação.

Na avaliação de emergência em areia (Tabela 4), observou-se que os tratamentos não apresentaram diferença em relação à testemunha. Isso demonstra a viabilidade do tratamento de sementes em manter o percentual de plântulas normais. Esses resultados corroboram a ausência de influência do tratamento de sementes e do ambiente na formação de plântulas normais, quando as condições de germinação são favoráveis.

Tabela 4: Resultados do teste de emergência em areia, expressos em %, em função do tratamento e 180 dias após o armazenamento em dois ambientes.

UNIPAM, Patos de Minas – MG

Tratamento	Emergência Areia	
	Câmara Fria	Temperatura Ambiente
	%	%
T1	98 aA	95 aA
T2	98 aA	97 aA
T3	98 aA	97 aA
CV%	2,66	

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL e minúsculas na VERTICAL não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Dados semelhantes foram encontrados no trabalho de Bittencourt *et al.* (2000), que, em sua pesquisa, verificaram que, após 30 dias de armazenamento, sementes tratadas com inseticidas apresentaram resultados de germinação superiores a 94%.

Os resultados obtidos no teste de emergência em canteiro estão expressos na Tabela 5, onde é possível observar que não houve diferença significativa entre os tratamentos utilizados, armazenados no ambiente de câmara fria.

Tabela 5: Resultados do teste de emergência em canteiro, expressos em %, em função do tratamento e 180 dias após o armazenamento em dois ambientes.

UNIPAM, Patos de Minas – MG

Tratamento	Emergência em canteiro	
	Câmara Fria	Temperatura Ambiente
	%	%
T1	98 aA	77 bB
T2	99 aA	96 aA
T3	99 aA	94 aA
CV%	4,94	

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL e minúsculas na VERTICAL não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Esses resultados são similares aos obtidos por Silva (2018), que avaliou sementes de milho tratadas com misturas de diferentes princípios ativos e armazenadas em câmara fria e em armazém convencional. Nesse estudo, os resultados foram não significativos ao se compararem os tratamentos armazenados nesses ambientes.

Com relação aos tratamentos armazenados em temperatura ambiente, observou-se que a testemunha foi mais suscetível ao armazenamento, apresentando desempenho inferior aos demais tratamentos. Resultados semelhantes foram encontrados por Bertuzzi (2015), que avaliou misturas de produtos no tratamento de sementes, incluindo Carbendazim + Tiram. Esse autor concluiu que o uso de sementes sem o tratamento adicional resultou em menor emergência em comparação aos demais tratamentos.

Black, Bewley E Halmer (2006) relataram que o armazenamento em condições inadequadas pode resultar na perda da qualidade fisiológica das sementes devido ao desenvolvimento de fungos, os quais podem acelerar a deterioração fisiológica. Embora esse processo de deterioração seja natural no envelhecimento das sementes, ele pode ser acentuado quando as sementes são armazenadas em condições não ideais.

A temperatura e a umidade durante o armazenamento são fatores determinantes no processo de redução da qualidade das sementes, resultando em alterações na qualidade final do produto. Essas consequências ocorrem devido à redução das atividades enzimáticas, que afetam a respiração, levando à queda na qualidade das sementes, a qual pode ser ainda mais comprometida durante o armazenamento (Harrington, 1972).

Os resultados de vigor foram obtidos por meio do teste de frio (Tabela 6), o qual simula, por meio de um choque térmico, condições adversas que podem ocorrer no campo. Como pode ser observado, os resultados obtidos não apresentaram diferenças estatísticas significativas quando o fator tratamentos de sementes foi avaliado em cada ambiente de forma isolada.

Tabela 6: Resultados do vigor, através do teste de frio, expressos em %, em função do tratamento e 180 dias após o armazenamento em dois ambientes
UNIPAM. Patos de Minas – MG

Teste de Frio		
Tratamento	Câmara Fria	Temperatura Ambiente
	%	%
T1	97 aA	79 aB
T2	97 aA	79 aB

T3	98 aA	76 aB
CV%		7,03

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL e minúsculas na VERTICAL não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Por outro lado, observou-se discrepância nas médias obtidas entre os fatores câmara fria e temperatura ambiente, sendo a condição de armazenamento o fator de maior influência na redução acentuada do vigor das sementes. As sementes armazenadas em temperatura ambiente apresentaram resultados de vigor inferiores, com diferença significativa em relação às sementes armazenadas em câmara fria.

Os resultados encontrados para essa variável corroboram os apresentados por Tonin *et al.* (2014), que, ao avaliar o potencial fisiológico de sementes tratadas e armazenadas em duas condições, constataram uma redução mais acentuada do vigor das sementes mantidas em ambiente natural em comparação com as armazenadas em ambiente controlado.

Segundo Bilia *et al.* (1994), o controle da temperatura e da umidade relativa do ar no ambiente de armazenamento, especialmente da umidade, favorece a conservação da qualidade das sementes de milho por um período mais longo.

Silva (2018) afirma em seu trabalho que sementes armazenadas em câmara fria, com controle de temperatura e umidade relativa do ar, apresentam um processo de deterioração nas membranas celulares mais tardio em comparação com as sementes armazenadas em armazém convencional, onde as condições não são controladas.

De acordo com Harrington (1973) e Roberts (1986), as condições de armazenamento influenciam diretamente a manutenção da qualidade das sementes. Elas devem ser mantidas em ambientes controlados de umidade e temperatura, a fim de preservar sua viabilidade, reduzindo os processos metabólicos e a perda da capacidade germinativa e do vigor.

4 CONCLUSÃO

O tratamento industrial com misturas dos princípios ativos proporcionou uma qualidade fisiológica adequada para as sementes da linhagem de milho, sem interferir negativamente em sua qualidade durante o armazenamento por 180 dias. Em contrapartida, o armazenamento em condições não controladas resultou em uma acentuada perda de vigor dessas sementes. Dessa forma, conclui-se que as sementes armazenadas em câmara fria mantêm sua qualidade preservada por até 180 dias.

AGRADECIMENTOS

À empresa Helix sementes por ceder o material e o espaço para a realização do trabalho, em especial ao Agr. M. Sc. Jeferson Rodrigo Pestana, por todo o suporte durante a realização deste experimento.

À professora e orientadora D. Sc Karla Vilaça Martins por toda a paciência, compreensão, ensinamentos e por acreditar.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. da S. *et al.* Efeitos de inseticidas, fungicidas e biorreguladores na qualidade fisiológica de sementes de soja durante o armazenamento. **Revista de Agricultura**, [S.l.], v. 89, n. 3, p. 172-182, 2014.
- BERTUZZI, Elieges Carina. **Emergência de milho em função do tratamento das sementes com inseticida, fungicida e bioestimulante**. 2015. 31 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2015.
- BILIA, D. A. C. *et al.* Comportamento de sementes de milho híbrido durante o armazenamento sob condições variáveis de temperatura e umidade relativa do ar. **Scientia Agricola**, [S.l.], v. 51, n. 1, p. 153-157, abr. 1994. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-90161994000100022...>
- BITTENCOURT, S. R. M. *et al.* Desempenho de sementes de milho tratadas com inseticidas sistêmicos. **Revista Brasileira de Sementes**, [S.l.], v. 22, n. 2, p. 86-93, 30 dez. 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.17801/0101-3122/rbs.v22n2p86-93>.
- BLACK, M.; BEWLEY, J.D.; HALMER, P. **The encyclopedia of seeds: science, technology and uses**. CABI International, Wallingford Oxon, 2006, 900p.
- BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2005. 969 p
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.
- CAIXETA, C. P. **Armazenamento de sementes tratadas com fungicidas no desempenho da cultura da soja**. 2014. 46 p. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Agrárias – Agronomia, Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/485>.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. Brasília, 31 p., ago. 2021. 31 p. (9º levantamento).
- FESSEL, S. A. *et al.* Efeito do tratamento químico sobre a conservação de sementes de milho durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, [S.l.], v. 25, n. 1, p. 25-28, jul. 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-31222003000100005...>
- HARRINGTON, J. F. Seed storage and longevity. *In*: KOZLOWSKI, T.T. **Seed biology**. New York: Academic Press, v.3, p.145-245, 1972.

HARRINGTON, J.F. Packaging seed for storage and shipment. **Seed Science and Technology**, v.1, n.3, p.701-709, 1973.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2.ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

MARCOS-FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999a. p.1-1 a 1-21

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N. M. (ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, p.49-85. 1994.

OLIVEIRA, A. C. S. **Qualidade fisiológica de sementes de milho armazenadas em diferentes embalagens reutilizáveis sob dois ambientes**. 2009. 86 p. 2009. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes. 2009.

ROBERTS, E.H. Quantifying seed deterioration. In: McDONALD JUNIOR, M. B.; NELSON, C.J. **Physiology of seed deterioration**. Madison: American Society of Agronomy/Crop Science Society of America/Soil Science Society of America, p. 101-123, 1986. (Special Publication, 11).

ROCHA, G. C. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas e armazenadas. **Científic@ - Multidisciplinary Journal**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 50-65, 2017. DOI: 10.29247/2358-260X.2017v4i1.p50-65.

SILVA, K.N. **Efeito do tratamento químico na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de milho durante armazenamento**. 2018. 72 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 2018.

TONIN, R. F. B. *et al.* Potencial fisiológico de sementes de milho híbrido tratadas com inseticidas e armazenadas em duas condições de ambiente. **Scientia Agropecuaria**, [S.l.], v. 5, n. 1, p. 7-16, 2014.

VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (ed.) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, p.103-132, 1994.

Desenvolvimento de estufa automatizada para produção eficiente de hortaliças no cerrado mineiro

*Development of an automated greenhouse for efficient vegetable production in the
Minas Gerais Cerrado*

ESTANIS YANETH GALLARDO ACOSTA
Discente de Agricultura Mecânica de Precisão (UNIPAM)
E-mail: estanisyaneth@unipam.edu.br

MARITZEL JASMIN ABREGO ACEVEDO
Discente de Agricultura Mecânica de Precisão (UNIPAM)
E-mail: maritzeljasmim@unipam.edu.br

JUAN ANTONIO QUIROS ORTEGA
Discente de Agricultura Mecânica de Precisão (UNIPAM)
E-mail: juanantonio@unipam.edu.br

ELSA LEYDIS HINESTROZA RODRÍGUEZ
Discente de Agricultura Mecânica de Precisão (UNIPAM)
E-mail: elsaleydis@unipam.edu.br

SANDRA LÚCIA NOGUEIRA
Professora orientadora (UNIPAM)
E-mail: sandraln@unipam.edu.br

FÁBIO DE BRITO GONTIJO
Professor co-orientador (UNIPAM)
E-mail: fabiobg@unipam.edu.br

Resumo: No Brasil, o cerrado mineiro possui grande potencial agrícola, mas enfrenta desafios, especialmente na produção de hortaliças essenciais para a segurança alimentar. Entre eles, estão escassez de água, solos pouco férteis e degradação ambiental, que comprometem a produtividade. Este trabalho teve como objetivo desenvolver uma estufa automatizada, usando Arduino e sensores, para monitorar e ajustar automaticamente fatores como temperatura, umidade, luz e irrigação. Assim, o sistema cria um ambiente ideal para o cultivo de hortaliças, melhorando a produção de forma sustentável. O experimento foi conduzido em uma microunidade fotovoltaica no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), entre fevereiro e junho de 2024. A estufa, construída com madeira e plástico, continha 25 cm de solo em três canteiros para alface, espinafre e salsinha. Sensores de umidade e temperatura, ventilador, válvulas solenoides e Arduino foram instalados para controle ambiental. Após uma pesquisa inicial sobre as

condições climáticas ideais, a plantação ocorreu em 29 de maio, com fertilização quinzenal. O ventilador era acionado a temperaturas acima de 25° C. As válvulas solenoides, conectadas aos sensores de umidade, regulavam a irrigação conforme a necessidade do solo. A colheita, em 3 de julho, mostrou resultados satisfatórios: plantas com crescimento adequado, sem pragas ou doenças. Concluiu-se que a estufa automatizada é essencial para a produção de hortaliças, otimizando as condições ambientais e permitindo uma produção estável, livre das variações climáticas.

Palavras-chave: automação; Arduino; hortaliças; sensores.

Abstract: In Brazil, the Minas Gerais Cerrado has great agricultural potential but faces challenges, especially in the production of vegetables crucial for food security. Among these challenges are water scarcity, infertile soils, and environmental degradation, which compromise productivity. This study aimed to develop an automated greenhouse using Arduino and sensors to monitor and automatically adjust factors such as temperature, humidity, light, and irrigation. This system creates an ideal environment for vegetable cultivation, improving production sustainably. The experiment was conducted in a photovoltaic microgreenhouse at the Patos de Minas University Center (UNIPAM) between February and June 2024. The greenhouse, built with wood and plastic, contained 25 cm of soil in three beds for lettuce, spinach, and parsley. Humidity and temperature sensors, a fan, solenoid valves, and Arduino were installed for environmental control. After initial research on the ideal climatic conditions, planting took place on May 29, with biweekly fertilization. The fan was activated at temperatures above 25°C. The solenoid valves, connected to the humidity sensors, regulated irrigation according to the soil's needs. The harvest on July 3 showed satisfactory results: plants with adequate growth, free from pests or diseases. It was concluded that the automated greenhouse is essential for vegetable production, optimizing environmental conditions and enabling stable production, free from climatic variations.

Keywords: automation; Arduino; vegetables; sensors.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novas tecnologias agrícolas é essencial para atender à crescente demanda por alimentos de alta qualidade e à necessidade de práticas agrícolas sustentáveis. Nesse contexto, a miniestufa automatizada surge como uma solução eficaz para aprimorar o cultivo de hortaliças em ambientes controlados. Este artigo explora o processo de elaboração, construção e avaliação de um protótipo de estufa automatizada, com foco nas tecnologias que viabilizam uma agricultura mais sustentável e ecologicamente responsável. A automação reduz a necessidade de intervenção manual, otimiza a produtividade e minimiza o desperdício de recursos, permitindo que os agricultores se concentrem em outras atividades essenciais (Aguilar, 2024).

Uma miniestufa automatizada possibilita a criação de um ambiente ideal para o crescimento das plantas, automatizando a regulação de fatores como temperatura, umidade do solo e do ar (Pedroso, 2014). Utilizando sensores e atuadores, as condições internas da estufa são constantemente monitoradas e ajustadas, otimizando o uso dos recursos e reduzindo a dependência de fatores externos. Além disso, a implementação de técnicas como a irrigação por gotejamento permite um controle preciso da umidade em cada canteiro, diminuindo o consumo de água e promovendo o crescimento das plantas.

As estufas agrícolas, por sua vez, se dividem em dois tipos principais: frias e quentes. As frias, como as do tipo parral e os túneis plásticos, utilizam calor solar passivo e geralmente não requerem aquecimento artificial, oferecendo controle climático limitado. Esse tipo de estufa é econômico e de fácil instalação, embora apresente desafios de ventilação e controle climático (Matallana; Montero, 1989). Em contraste, as estufas quentes, como as de vidro, são comuns em regiões frias, especialmente no norte da Europa. Estruturadas para incluir sistemas de aquecimento ativo, essas estufas mantêm uma temperatura ideal constante, oferecendo maior durabilidade e controle climático, embora com custos mais elevados (Bakker *et al.*, 1995).

No presente artigo, o objetivo é desenvolver uma estufa automatizada que possa otimizar o crescimento das plantas, monitorando e ajustando fatores como temperatura, umidade, luz e irrigação de forma eficaz e sustentável. Utilizando Arduino e sensores, o sistema não apenas maximiza a produção, mas também é testado em diferentes condições climáticas e geográficas para avaliar seu desempenho. A justificativa para essa iniciativa reside na necessidade de soluções agrícolas sustentáveis para o Cerrado mineiro, uma região que enfrenta desafios como escassez de água e solos pouco férteis, impactando a produção de hortaliças essenciais para a segurança alimentar.

Por meio da miniestufa automatizada, é possível controlar, de forma precisa, o microclima interno, melhorando a produtividade e a qualidade das colheitas com menor uso de recursos naturais. Além disso, o projeto de uma miniestufa apresenta potencial de replicabilidade em outras regiões com desafios similares, como o Panamá, contribuindo para uma agricultura mais sustentável e uma maior segurança alimentar em diferentes contextos regionais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa abordou diferentes materiais para estrutura e cobertura de estufas, essenciais para garantir durabilidade e eficiência. Primeiramente, entre os materiais considerados, a madeira se destaca por ser econômica, embora apresente desvantagens, como menor durabilidade e complicações na automação de operações. Em contraste, estruturas de concreto, por serem pesadas e reduzirem a entrada de luz, são menos utilizadas. O metal se destaca por permitir um bom isolamento e facilitar a instalação de diversos equipamentos, tornando-se uma escolha mais comum (Serrano Cermeño, 1994). Quanto aos materiais de cobertura, o vidro se destaca pela excelente difusão de luz, embora seja caro e pesado, exigindo estruturas robustas. Os plásticos rígidos como o policarbonato e plásticos flexíveis, como o polietileno, têm ganhado popularidade por suas boas propriedades térmicas e flexibilidade (Matallana; Montero, 1989).

A respeito das culturas escolhidas para o experimento, o estudo focou na criação de uma miniestufa automatizada que permitisse o cultivo de hortaliças de forma eficiente. Para isso, foram escolhidas hortaliças como espinafre, alface e salsinha devido às suas preferências similares de temperatura e tipo de solo. O espinafre, por exemplo, é resistente e ideal para temperaturas entre 15 e 18° C, enquanto a alface cresce melhor em ambientes de 23° C durante o dia e 7° C à noite. Já a salsinha, preferindo temperaturas entre 10 e 24° C, demanda um cultivo protegido em climas mais quentes (Braga *et al.*,

2014). O ambiente controlado permite ajustes para o cultivo de outras plantas, bastando modificar o tipo de solo, a programação e a estrutura, de acordo com as necessidades específicas.

Nesse contexto de automação, o Arduino surge como uma solução versátil e de baixo custo para monitorar e controlar variáveis críticas como temperatura e umidade. Equipado com pinos de E/S digitais, entradas analógicas e um ressonador de cerâmica de 16 MHz, entre outros componentes, o Arduino possibilita a integração de sensores e atuadores para otimizar o controle ambiental (ARDUINO, 2018). Sua flexibilidade permite que tanto iniciantes quanto usuários experientes configurem o sistema para controlar o ambiente da estufa de forma eficiente, transformando dados ambientais em ações automáticas, como o acionamento de ventiladores e sistemas de irrigação (Monk, 2016).

Para garantir um controle eficiente, a programação do Arduino utiliza a linguagem C/C++ e uma interface de desenvolvimento simples, ideal para iniciantes. Através de estruturas como 'if-else', o código permite tomadas de decisões automáticas, como ativar ventiladores quando a temperatura ultrapassa um determinado limite (Blum, 2013). O código utilizado neste trabalho está descrito no Anexo I. É possível manter o ambiente ideal para as plantas, otimizando a agricultura de precisão com base nas condições ambientais.

Adicionalmente, a automatização é potencializada pelos sensores, que medem fatores cruciais como umidade do solo e temperatura do ar. Os dados coletados são apresentados em uma tela LCD e utilizados para controlar atuadores, como ventiladores e válvulas solenoides, de forma a garantir condições adequadas ao desenvolvimento das plantas (Santos *et al.* 2022; Amaral; Couto; Silva, 2024). Atuadores como ventiladores evitam o superaquecimento da estufa, enquanto as válvulas solenoides regulam o fluxo de água, otimizando a irrigação e evitando desperdícios (Wilcher, 2014).

O aumento da demanda por alimentos de alta qualidade e a busca por métodos sustentáveis de produção impulsionam o desenvolvimento dessas tecnologias. A estufa automatizada, portanto, representa um avanço significativo ao permitir um ambiente controlado que melhora a eficiência do cultivo e responde, de forma eficaz, às mudanças climáticas. Para isso, o solo franco-arenoso foi selecionado, pois facilita a drenagem e complementa a programação do sistema, que foi ajustada para ligar o ventilador a 25° C e fechar a válvula solenoide com 60% de umidade, garantindo a preservação do recurso hídrico.

O projeto da miniestufa automatizada engloba uma série de componentes eletrônicos essenciais, como sensores de umidade do solo e de temperatura do ar, além de atuadores e relés que controlam o sistema. A estrutura foi montada com madeira reciclada de pallets, revestida com plástico transparente para permitir a entrada de luz e plástico preto para cobertura do solo, promovendo a retenção de umidade. A irrigação é realizada por gotejamento; tubos de PVC, conectores e abraçadeiras garantem a funcionalidade e estanqueidade do sistema (Tropical, 2024).

Por fim, a construção da miniestufa foi dividida em etapas que contemplaram desde a determinação das dimensões até a integração dos sensores e dispositivos eletrônicos. Com a dimensão de 1m x 1m x 1m (um metro de comprimento, um metro de largura e um metro de altura), a estufa permite o cultivo de diferentes plantas em

canteiros de 33 cm de altura. O sistema de irrigação, originalmente pensado para aspersão, foi substituído pelo gotejamento devido à praticidade e eficiência na manutenção da umidade do solo. Durante a programação, bibliotecas como a DHT.h 11 e LiquidCrystal foram usadas para monitorar e exibir dados, e o código foi ajustado para incluir diferentes sensores e atuadores, conforme necessário. Na fase final, todos os componentes foram conectados para garantir o funcionamento harmonioso da miniestufa, promovendo um ambiente propício ao cultivo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento da demanda por alimentos de qualidade e a busca por métodos agrícolas sustentáveis têm incentivado o desenvolvimento de tecnologias inovadoras, como a estufa automatizada com ambiente controlado. Este estudo explorou a construção de uma estufa automatizada, focando na eficiência e no controle das variáveis essenciais ao cultivo de hortaliças, como temperatura, umidade e irrigação. Os resultados mostram que a implementação do sistema de irrigação automático proporcionou condições ideais de cultivo, demonstrando que o ambiente controlado é eficaz para o desenvolvimento saudável das plantas selecionadas.

A estrutura foi adaptada para um sistema de irrigação por gravidade e gotejamento, eliminando a necessidade de bombas de água e permitindo um controle mais preciso da umidade de cada canteiro. Essa escolha, aliada à montagem da caixa d'água na parte superior, facilita a distribuição da água e garante a automação eficiente do processo de irrigação. A mudança para o sistema de gotejamento foi decisiva para otimizar o uso da água e manter a umidade uniforme no solo.

Quanto à seleção das hortaliças, foram escolhidos alface, espinafre e salsinha, pois todas compartilham exigências de solo e pH semelhantes. Para garantir um solo bem drenado e rico em matéria orgânica, foi utilizada uma mistura de solo franco-arenoso, promovendo condições ideais para o crescimento. As temperaturas de cultivo variaram entre 15° C e 25° C, com níveis de umidade do solo mantidos entre 60% e 75%. Esse manejo adequado do ambiente assegurou o desenvolvimento vigoroso das plantas, como registrado nos dados de crescimento.

Durante o teste e a calibração, ajustes foram feitos para garantir a precisão do sistema automatizado. Cada canteiro foi equipado com válvulas que regulam a irrigação conforme a umidade do solo: quando esta ultrapassava 60%, a válvula se fechava automaticamente, e ao cair abaixo de 40%, a válvula era aberta para liberação de água. O sistema de ventilação também foi calibrado para ativar automaticamente quando a temperatura superava 25° C, garantindo que o microclima da estufa permanecesse dentro dos parâmetros ideais. Esses ajustes foram essenciais para estabilizar o ambiente e maximizar a eficiência do cultivo.

A implantação da estufa foi realizada na Microusina Fotovoltaica do UNIPAM, aproveitando a exposição solar a partir do meio-dia; as mudas foram plantadas com adição de nutrientes específicos. A aplicação do fertilizante Mineral Misto, fornecido pelo laboratório de fertilidade do solo, contribuiu para um crescimento robusto e saudável. O monitoramento diário garantiu a integridade do sistema e a reposição dos nutrientes a cada 15 dias, promovendo um ciclo de cultivo bem-sucedido.

Os resultados mostram que o sistema de irrigação e o controle ambiental foram eficazes em manter as hortalças livres de pragas e doenças, além de minimizar o consumo de água, pois foram utilizados apenas 15 litros por semana. Observações do desenvolvimento das plantas ao longo do tempo indicaram um crescimento saudável e uniforme, confirmando que a estufa automatizada oferece um ambiente otimizado e sustentável para o cultivo (Imagem 1).

Imagem 1: Desenvolvimento das plantas ao longo do tempo de cultivo

29 de maio de 2024



6 de junho de 2024



14 de junho de 2024



21 de junho de 2024



28 de junho de 2024



3 de julho de 2024



Este estudo reforça a viabilidade da estufa automatizada como uma alternativa promissora para uma agricultura mais eficiente e menos dependente de recursos externos. As imagens acima demonstram a alta qualidade das plantas cultivadas, evidenciando um crescimento vigoroso, folhas de cor verde saudável e ausência de pragas ou doenças. O sistema mostrou-se eficiente no monitoramento contínuo da irrigação, proporcionando a umidade ideal para cada canteiro, e no controle preciso do pH, essencial para o desenvolvimento das hortalças. Os resultados confirmam que o ambiente controlado e os ajustes automáticos promovidos pela estufa possibilitaram um

cultivo sustentável e otimizado, com uso racional dos recursos hídricos e máxima adequação às exigências das plantas.

4 CONCLUSÃO

O projeto da estufa automatizada com ambiente controlado superou todas as expectativas, revelando-se uma solução inovadora para os desafios agrícolas contemporâneos. A implementação de sistemas de irrigação automatizados não apenas reduziu drasticamente o consumo de água, mas também garantiu que cada gota fosse utilizada de forma eficiente, evitando o desperdício. O controle rigoroso de fatores ambientais, como temperatura e umidade, resultou em um crescimento das plantas mais uniforme e robusto, evidenciado por folhas vibrantes e frescas.

Este estudo não só atingiu seu objetivo de elevar a qualidade e a quantidade dos cultivos, mas também se posicionou como um modelo exemplar de práticas agrícolas sustentáveis, mostrando que é possível conciliar produtividade com responsabilidade ambiental. A estufa automatizada é, sem dúvida, um passo decisivo rumo a um futuro agrícola mais inteligente e sustentável.

REFERÊNCIAS

- AGUILAR, R. B. Sistemas de riego automatizados para invernaderos.
AGROFACTO. 2024. Disponível em: <https://agrofacto.com/sistemas-de-riego-automatizados-para-invernaderos/>.
- AMARAL, J. M. A. do; COUTO, Janaina de Albuquerque; SILVA, Ana Carolina Soares. **Arduino para construção de uma estufa automatizada**. 18 f. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Espírito Santo, 2024.
- ARDUINO. 2018. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>.
- BAKKER, J. C.; BOT, G. P. A.; CHALLA, N. J.; VAN DE BRAAK, N. J. **Controle climático de estufa**. Wageningen: Wageningen Pers, 1995.
- BLUM, J. **Exploring Arduino: tools and techniques for engineering wizardry**. Indianapolis: Wiley, 2013.
- BRAGA, A. H. *et al.* Desempenho de cultivares de salsa (*Petroselinum crispum*) sob telas de sombreamento, termo-refletoras. **Cultivando o Saber**, [S. l.], v. 7, n. 4, p. 332-342, 2014.

MATALLANA, A.; MONTERO, J. I. **Estufas**: projeto, construção e ambientação. Madrid: Ed. Mundiprensa, 1989.

MONK, S. **Programming Arduino**: getting started with sketches. McGraw-Hill Education, 2016. Disponível em: <https://agsci.colostate.edu/wp-content/uploads/sites/95/2020/03/Programming-Arduino.pdf>.

PEDROSO, M. T. M. **Tecnologias para o cultivo de hortaliças**. Brasil: Embrapa, 2014.

SANTOS, C. A. *et al.* dos. **Estufa automatizada**. São Paulo: Etec Júlio de Mesquita, 2022.

SERRANO CERMEÑO, Z. **Construção de estufa**. Madrid: Ed. Mundiprensa, 1994.

TROPICAL, E. Plástico para estufa agrícola. **Estufas Tropical**. 2024. Disponível em: <https://tropicalestufas.com.br/plastico-para-estufa-agricolas/>.

WILCHER, Don. **Make**: Basic Arduino projects. Sebastopol, CA: MakerMedia Inc., 2014.

ANEXO I: ESCRITA DA PROGRAMAÇÃO ESCOLHIDA

O primeiro passo na programação foi a inclusão da biblioteca DHT, que é responsável pela leitura de sensores de temperatura e umidade.

```
cpp  
  
#include "DHT.h"
```

Em seguida, foram definidos os pinos do Arduino que seriam utilizados para cada atuador e sensor, garantindo-se a correta identificação dos componentes.

```
#define DHTPIN A0 // Pino do sensor de temperatura do ar  
#define DHTTYPE DHT11 // Tipo de sensor DHT  
#define umidadeAnalogica1 A1 // Pino do primeiro sensor de umidade do solo (análogo)  
#define umidadeDigital1 6 // Pino do primeiro sensor de umidade do solo (digital)  
#define umidadeAnalogica2 A2 // Pino do segundo sensor de umidade do solo (análogo)  
#define umidadeDigital2 7 // Pino do segundo sensor de umidade do solo (digital)  
#define bombaAguaPin 10 // Pino para controlar a bomba de água  
#define VentPin 9 // Pino para controlar a ventoinha
```

Na sequência, foi realizada a instância do sensor. Na configuração inicial, ou setup, o código inicia a comunicação serial e ativa os sensores. Além disso, os pinos da ventoinha e da bomba de água foram configurados como saídas, preparando o sistema para o controle dos dispositivos.

```
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); // Instância do sensor DHT
```

O loop principal do código é responsável por ler continuamente a temperatura e a umidade do ar. De maneira similar, realiza-se a leitura dos sensores de umidade do solo, assegurando que as informações sobre as condições de cultivo sejam atualizadas.

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600); // Inicializa a comunicação serial  
  Serial.println("Teste de sensores e controle de ventilação!");  
  dht.begin(); // Inicializa o sensor DHT  
  pinMode(bombaAguaPin, OUTPUT); // Define a bomba como saída  
  pinMode(VentPin, OUTPUT); // Define a ventoinha como saída  
}
```

Após as leituras, o código calcula a umidade média do solo, que é um parâmetro essencial para o controle do ambiente na estufa. Os resultados são impressos para acompanhamento e análise, permitindo monitorar as condições de cultivo em tempo real.

```
int valorUmidade1 = analogRead(umidadeAnalogica1); // Leitura do primeiro sensor de um  
valorUmidade1 = map(valorUmidade1, 1023, 315, 0, 100); // Mapeia para uma escala de 0  
int valorUmidadeDigital1 = digitalRead(umidadeDigital1); // Leitura digital do primeir  
float promedioUmidades = (float)(valorUmidade1 + valorUmidade2) / 2; // Média das umid
```

```
Serial.print("Umidade do solo 1: ");  
Serial.print(valorUmidade1);  
Serial.println(" % ");  
// E assim por diante para os outros valores
```

O controle da ventoinha é acionado conforme os valores de temperatura lidos. Se a temperatura ultrapassa um determinado limite, a ventoinha é ligada para resfriar o ambiente; caso contrário, ela é desligada.

```
float h = dht.readHumidity(); // Lê a umidade do ar  
float t = dht.readTemperature(); // Lê a temperatura do ar
```

```
if (t > 20) {  
    digitalWrite(VentPin, LOW); // Liga a ventoinha  
} else {  
    digitalWrite(VentPin, HIGH); // Desliga a ventoinha  
}
```

De forma semelhante, a bomba de água é controlada de acordo com a umidade do solo: se o nível de umidade estiver abaixo do ideal, a bomba é ativada para irrigar as plantas.

```
if (promedioUmidades > 60) {  
    digitalWrite(bombaAguaPin, HIGH); // Liga a bomba se a umidade média for baixa  
} else if (promedioUmidades < 40) {  
    digitalWrite(bombaAguaPin, LOW); // Desliga a bomba se a umidade média for alta  
}
```

Por fim, o código inclui um atraso de 2 segundos entre as leituras, permitindo que o sistema tenha um intervalo adequado para monitoramento e resposta às condições ambientais.

```
delay(2000); // Espera 2 segundos antes da próxima leitura
```

Em resumo, o código monitora a umidade do solo e a temperatura do ar, operando a estufa automatizada. Assim, ele liga ou desliga a ventoinha e a bomba de água para manter as condições ideais para o crescimento das plantas, de acordo com as leituras obtidas.

Hidrotec: otimizando a agricultura vertical com aeroponia automatizada

Hidrotec: optimizing vertical farming with automated aerponics

SAMANTHA SARAID ALDEANO NUÑEZ

Discente de Agricultura Mecânica de Precisão (UNIPAM)

E-mail: samanthasaraid@unipam.edu.br

YOEL ELIECER VALDEZ RODRIGUEZ

Discente de Agricultura Mecânica de Precisão (UNIPAM)

E-mail: yoeleliecer@unipam.edu.br

VAGNER MERTINS

Discente de Agricultura Mecânica de Precisão (UNIPAM)

E-mail: vagnermertins@unipam.edu.br

SANDRA LÚCIA NOGUEIRA

Professora orientadora (UNIPAM)

E-mail: sandraln@unipam.edu.br

FÁBIO DE BRITO GONTIJO

Professor co-orientador (UNIPAM)

E-mail: fabiobg@unipam.edu.br

Resumo: A agricultura vertical oferece uma solução inovadora e sustentável para atender à crescente demanda alimentar em áreas urbanas, otimizando o uso do espaço e minimizando o impacto ambiental. Utilizando sistemas aeropônicos, essa técnica reduz o consumo de água e elimina a necessidade de pesticidas químicos, promovendo uma produção mais limpa e saudável. Além disso, contribui para a diminuição das emissões de gases de efeito estufa ao reduzir a necessidade de transporte de alimentos. Uma estrutura aeropônica vertical automatizada foi desenvolvida com sensores de pH, radiação UV, umidade e temperatura, controlados por Arduino. Com 1,73 m de altura, capacidade para 20 litros de água e 30 espaços de cultivo, a estrutura possibilitou o plantio de culturas de ciclo curto, como alface, cebolinha, rúcula e agrião, adaptadas ao clima dos meses de maio e junho. Essa abordagem permitiu a produção de alimentos frescos e nutritivos, assegurando colheitas de alta qualidade em áreas urbanas com espaço limitado. A integração de tecnologia avançada no cultivo vertical demonstra a viabilidade de práticas agrícolas sustentáveis, evidenciando a capacidade de melhorar a qualidade de vida ao promover alimentos de alto valor nutritivo e ambientalmente responsáveis.

Palavras-chave: sustentabilidade; Arduino; sensores.

Abstract: Vertical farming offers an innovative and sustainable solution to meet the growing food demand in urban areas by optimizing space usage and minimizing environmental impact. Using

aeroponic systems, this technique reduces water consumption and eliminates the need for chemical pesticides, promoting cleaner and healthier production. Additionally, it contributes to the reduction of greenhouse gas emissions by decreasing the need for food transportation. An automated vertical aeroponic structure was developed with pH, UV radiation, humidity, and temperature sensors controlled by Arduino. With a height of 1.73 m, a capacity for 20 liters of water, and 30 cultivation spaces, the structure enabled the planting of short-cycle crops such as lettuce, chives, arugula, and watercress, adapted to the climate of May and June. This approach allowed the production of fresh and nutritious food, ensuring high-quality harvests in urban areas with limited space. The integration of advanced technology in vertical farming demonstrates the feasibility of sustainable agricultural practices, highlighting the potential to improve quality of life by promoting highly nutritious and environmentally responsible food.

Keywords: sustainability; Arduino; sensors.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura vertical é uma abordagem inovadora e sustentável para a produção de alimentos em áreas urbanas, otimizando o uso do espaço e reduzindo o impacto ambiental (Gundim e Lima, 2023). Esse modelo utiliza estruturas verticais para o cultivo, atendendo à crescente demanda por recursos alimentares e às restrições de espaço em regiões densamente povoadas (Agrotendencia, 2020). Entre as técnicas empregadas na agricultura vertical, destaca-se a aeroponia, que se diferencia por suspender as raízes das plantas no ar, borrifando-as com uma solução nutritiva (Deilis, [202?]). Este método demonstra alta eficiência no uso de água e nutrientes, favorecendo o crescimento saudável das plantas e reduzindo a necessidade de pesticidas (Prieto, 2017).

A aeroponia apresenta diferentes tipos e classificações. Além de suas vantagens na otimização do espaço, esse método reduz significativamente o consumo de água e possibilita maior controle sobre o ambiente de cultivo, permitindo a produção durante todo o ano (Barros e Chicaiza, 2023). Quando comparada a outras técnicas, como a hidroponia e a aquaponia, a aeroponia destaca-se pela maior eficiência no consumo de água e pela absorção otimizada de oxigênio pelas raízes (Anchatipan e Ganzino, 2022).

A automatização é um elemento essencial para a eficiência da agricultura vertical, sendo o uso de sensores e microcontroladores, como o Arduino, fundamental para o monitoramento e controle do ambiente de cultivo (ISI FARMER, [202?]). Sensores de pH, temperatura, umidade e radiação ultravioleta (UV) garantem condições ideais para o crescimento das plantas, ajustando automaticamente a irrigação e outros parâmetros conforme necessário. O sensor de pH, por exemplo, assegura que o nível de acidez da solução nutritiva permaneça na faixa adequada, entre 5,5 e 6,5, prevenindo desequilíbrios nutricionais que poderiam comprometer o desenvolvimento das plantas. O sensor DHT11, amplamente utilizado devido à sua boa precisão e baixo custo, monitora a temperatura e a umidade relativa do ambiente. Esses dados permitem determinar os intervalos ideais para o acionamento da bomba de irrigação, garantindo a distribuição uniforme dos nutrientes por todo o sistema (Anchatipan e Ganzino, 2022).

A agricultura vertical tem como objetivo a otimização de pequenos espaços, como paredes e varandas, para a produção de alimentos. Essa estratégia é

particularmente relevante em áreas urbanas, onde a escassez de terrenos disponíveis dificulta o cultivo de hortaliças frescas. Essa técnica também incentiva práticas sustentáveis, como a redução do uso de recursos naturais e a reutilização de materiais na construção das hortas. O desenvolvimento de tecnologias sustentáveis, incluindo sistemas de irrigação eficientes no uso de água, é uma prioridade para assegurar a viabilidade a longo prazo e fomentar o aprendizado contínuo em sustentabilidade (Agrotendencia, 2020).

Outro ponto importante é a educação da comunidade em práticas de cultivo sustentável. A introdução da agricultura vertical automatizada em espaços urbanos permite uma integração social, em que o envolvimento coletivo em projetos comunitários favorece a troca de conhecimentos, além de proporcionar benefícios à saúde e ao meio ambiente (Gundim; Lima, 2023). Ao criar hortas verticais em ambientes urbanos, é possível melhorar a qualidade de vida dos moradores, oferecendo alimentos frescos e nutritivos, além de um espaço verde que promove bem-estar psicológico e estético.

Sendo assim, a agricultura vertical, ao minimizar a necessidade de grandes áreas agrícolas, contribui para a preservação de ecossistemas naturais e redução do impacto ambiental (Barros; Chicaiza, 2023). O transporte de alimentos, uma das principais fontes de emissões de gases de efeito estufa, é também reduzido, já que os alimentos são produzidos próximo aos centros de consumo (Anchatipan; Ganzino, 2022).

A agricultura vertical, se torna então, uma solução viável e sustentável que combina otimização de espaço, eficiência no uso de recursos e promoção de práticas agrícolas que beneficiam a sociedade e o meio ambiente. A implementação de sistemas automatizados e a utilização de técnicas como a aeroponia, que não requer solo, tornam esse modelo ideal para áreas urbanas (Prieto, 2017). Com o crescimento contínuo da população mundial e a urbanização acelerada, a agricultura vertical se destaca como uma alternativa sustentável e inovadora para enfrentar os desafios da segurança alimentar e da sustentabilidade ambiental.

O presente artigo propôs a implementação de hortas verticais automatizadas, utilizando sensores controlados por Arduino, que permitem a personalização e a integração de diferentes dispositivos. Essa abordagem não apenas aumenta a eficiência no uso de pequenos espaços urbanos, mas também promove a sustentabilidade ao reduzir a pegada de carbono e incentivar a produção local de alimentos. O uso de sensores possibilita o controle preciso do ambiente de cultivo, resultando em colheitas mais produtivas e de alta qualidade.

2 MATERIAL E MÉTODO

O desenvolvimento do sistema aeropônico automatizado teve início com uma pesquisa aprofundada para coletar informações detalhadas sobre o estado atual da agricultura vertical e as condições necessárias para o cultivo. Após essa etapa preliminar de levantamento de dados, foi elaborada a construção de um protótipo de sistema aeropônico automatizado, visando otimizar o cultivo em ambientes urbanos com espaço restrito.

A primeira etapa do processo envolveu a programação de sensores essenciais para o monitoramento e controle do sistema. Entre esses sensores, destaca-se o sensor de pH, responsável por medir o nível de acidez da solução nutritiva e garantir que ele permaneça entre 6,0 e 7,0, faixa ideal para o desenvolvimento saudável das culturas selecionadas. Esse intervalo foi estabelecido com base nas necessidades específicas das plantas utilizadas, assegurando um ambiente favorável para a absorção de nutrientes e o crescimento eficiente das culturas.

Outro componente essencial do sistema é o sensor DHT22, que mede a temperatura e a umidade do ar, permitindo o monitoramento contínuo das condições ambientais. Esse sensor é especialmente adequado para ambientes externos, viabilizando estudos de adaptabilidade do sistema em espaços ao ar livre. Essa característica possibilita a avaliação da resistência e do desempenho da estrutura em diferentes condições climáticas.

Além disso, foi integrado ao sistema um sensor de radiação ultravioleta (UV) para monitorar a quantidade de radiação solar recebida ao longo do dia. Esse dado é fundamental para compreender o impacto da radiação nas plantas e ajustar o sistema de forma a maximizar a eficiência fotossintética, promovendo o crescimento saudável e a produtividade das culturas.

Toda a programação foi realizada no software Arduino, permitindo, após diversos testes, o desenvolvimento de um sistema final funcional e integrado. O sistema conta com uma tela LCD que exibe, em tempo real, as informações coletadas pelos sensores, proporcionando fácil acesso aos dados ambientais.

Um módulo Bluetooth foi integrado ao sistema, possibilitando a transmissão dos dados para dispositivos móveis e facilitando o monitoramento remoto. Adicionalmente, três LEDs foram configurados para indicar visualmente o estado do pH da solução nutritiva, oferecendo uma comunicação rápida e eficiente sobre a condição do ambiente de cultivo.

Para integrar todos os componentes eletrônicos, foi utilizada uma placa PCB como base para as conexões, garantindo uma montagem organizada e funcional. O Arduino atua como o núcleo do sistema, processando os dados coletados pelos sensores, exibindo-os na tela LCD e transmitindo as informações via Bluetooth para dispositivos móveis, o que otimiza o controle remoto e a eficiência do monitoramento.

A estrutura do protótipo foi confeccionada em PVC e equipada com um reservatório plástico de 20 litros preenchido com solução nutritiva. Realizaram-se testes para determinar a altura ideal do sistema, garantindo compatibilidade com a capacidade das bombas submersas utilizadas para distribuir a solução até a parte superior da estrutura, onde ocorre o processo de irrigação aeropônica. Além disso, ajustes foram realizados nos orifícios da estrutura para acomodar adequadamente os vasos de jardinagem, assegurando o posicionamento estável das plantas e promovendo um desenvolvimento eficiente.

A irrigação é controlada por dispositivos eletrônicos Sonoff, responsáveis por ativar e desativar automaticamente as bombas submersas. A programação desses dispositivos pode ser acessada por meio de dispositivos móveis, proporcionando um controle prático e flexível da irrigação. Essa funcionalidade otimiza o uso de recursos

hídricos e simplifica o gerenciamento do sistema, ao oferecer uma interface amigável e acessível para os usuários.

Com a estrutura e o sistema automatizado em funcionamento, foram realizados testes práticos para validar a eficiência e a adaptabilidade do protótipo. Os dados coletados, juntamente com o monitoramento constante das condições ambientais, garantem que o sistema opere de maneira otimizada, promovendo um cultivo sustentável e eficiente.

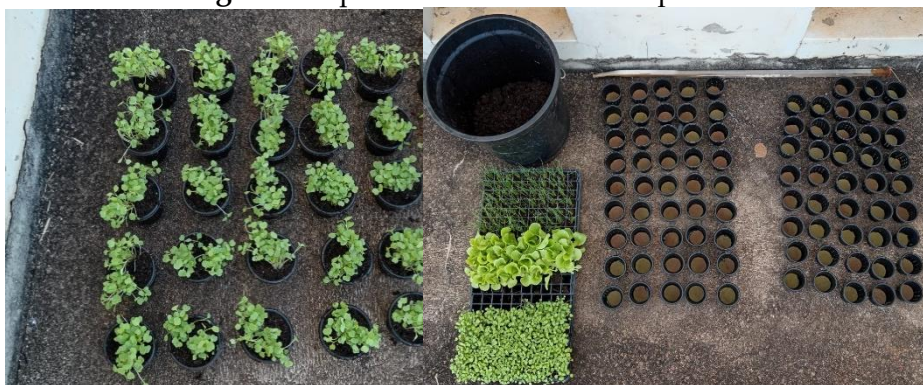
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A criação das estruturas verticais automatizadas foi viabilizada por meio da colaboração com a Redemaq, que atendeu às expectativas de design e funcionalidade. A estrutura automatizada incluiu sensores de pH, temperatura, umidade e radiação UV, todos programados para operar em um sistema controlado via Arduino (Martins; Costa, 2024). Durante a programação e configuração dos sensores, o módulo Bluetooth e a tela LCD permitiram o monitoramento remoto e em tempo real das variáveis ambientais essenciais para o cultivo.

A estrutura aeropônica vertical utilizou reservatórios de 20 litros e tubos de PVC, compondo um sistema eficiente de recirculação de solução nutritiva, administrada por meio de duas bombas submersas, controladas por dispositivos Sonoff (Pereira; Oliveira; Ribeiro, 2023). Este sistema possibilitou a irrigação autônoma das plantas por meio de um aplicativo, proporcionando agilidade e precisão ao manejo hídrico. O acrílico foi utilizado na base da estrutura, garantindo a estabilidade do conjunto.

Os vasos de jardinagem foram preenchidos com fibra de coco, conforme mostrado na Figura 1, que, embora não forneça nutrientes, é um substrato eficaz para a ancoragem e aeração das raízes (Ferreira; Silva, 2022). A solução nutritiva foi preparada com ureia (3 g), MAP (5 g), micronutrientes (3 g), ferro (20 mL), magnésio (10 mL) e hidróxido de sódio para ajuste de pH, essencial para manter a faixa ideal de 6,0 a 7,0.

Figura 1: Tipo de cultivo e vasos de plantio



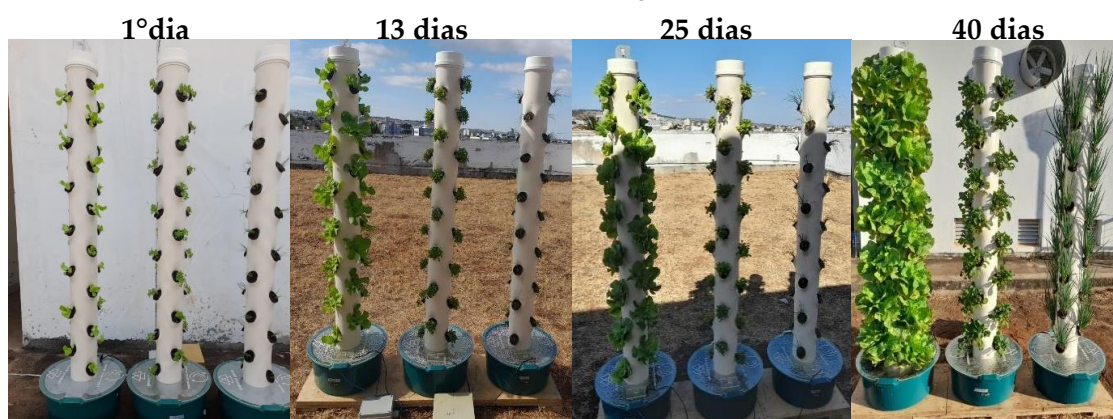
Durante as primeiras semanas de cultivo, foi observada uma deficiência de nutrientes, possivelmente causada pela alta demanda das espécies de crescimento rápido, como alface e rúcula. A solução nutritiva foi ajustada após o monitoramento dos sintomas visuais, como o amarelecimento das folhas, conforme evidenciado na Figura 2.

Figura 2: Cultivos com sinais de deficiência de nutrientes

Após as correções realizadas, não foram registradas novas incidências de desequilíbrios nutricionais, e a taxa de crescimento das 90 plantas cultivadas apresentou-se uniforme ao longo do ciclo. O sistema vertical consumiu 10 litros de água por semana, totalizando aproximadamente 57 litros durante os 40 dias de cultivo. Considerando que 1 m³ de água custa, em média, R\$ 2,20 (sem impostos), o custo total da água utilizada neste período foi de aproximadamente R\$ 1,25. Essa quantidade de água é altamente eficiente, especialmente quando comparada aos métodos de cultivo tradicionais, que frequentemente demandam volumes significativamente maiores.

Além disso, o sistema demonstrou uma eficiência energética notável. O consumo médio de energia foi de 0,09665 kWh por mês. Com o custo do kWh sendo R\$ 1,04, o valor mensal da energia utilizada foi de cerca de R\$ 0,10. Esses resultados não apenas evidenciam a viabilidade econômica da solução proposta, mas também destacam sua sustentabilidade, tornando-a uma opção atraente para a produção de alimentos em áreas urbanas, onde a otimização de recursos é essencial.

Os resultados da colheita, após um ciclo de 40 dias, confirmam a eficiência do sistema automatizado, atendendo ao objetivo de produzir hortaliças de qualidade, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3: Desenvolvimento das hortaliças ao longo do ciclo de cultivo em 40 dias

O uso de sensores e o controle automatizado garantiram um ambiente otimizado para o desenvolvimento das plantas. As colheitas de alface, cebolinha, rúcula e agrião apresentaram crescimento homogêneo em todas as estruturas, validando o sistema como uma solução viável para a produção de alimentos em áreas urbanas com espaço limitado.

4 CONCLUSÃO

A implementação de estruturas verticais automatizadas para cultivo aeropônico se mostrou uma solução eficaz para a produção de hortaliças em ambientes urbanos. Os resultados obtidos durante o ciclo de cultivo, com a colheita bem-sucedida de alface, cebolinha, rúcula e agrião, comprovam a viabilidade dessa técnica, que não só otimiza o uso do espaço, mas também promove o uso eficiente de recursos hídricos e energéticos. A integração de tecnologias, como sensores de pH, temperatura, umidade e radiação ultravioleta, possibilitou o monitoramento contínuo das condições ideais de cultivo, criando um ambiente controlado que favoreceu o desenvolvimento saudável das plantas.

Além disso, a experiência adquirida durante o processo de programação e automação dos sistemas de irrigação e monitoramento proporcionou uma compreensão mais aprofundada das necessidades nutricionais das espécies cultivadas. A correção rápida das deficiências de nutrientes, observada nas primeiras semanas de cultivo, destacou a importância da vigilância constante e do ajuste dinâmico das soluções nutritivas. A utilização de uma estrutura em PVC e de um sistema de irrigação automatizado não apenas facilitou o manejo das plantas, mas também possibilitou um consumo reduzido de água e energia, refletindo a sustentabilidade do sistema.

Por fim, os resultados alcançados não apenas validam a eficiência das estruturas verticais automatizadas, mas também destacam o potencial dessa abordagem para transformar a produção de alimentos em ambientes urbanos. A combinação de tecnologias de monitoramento e cultivo vertical abre novas perspectivas para a agricultura urbana, possibilitando o cultivo de alimentos frescos e saudáveis, contribuindo para a segurança alimentar e promovendo maior conscientização sobre práticas sustentáveis. Essa abordagem inovadora pode servir como um modelo para futuros projetos de agricultura urbana, incentivando a adoção de técnicas semelhantes em outras comunidades.

REFERÊNCIAS

- AGROTENDENCIA. **Granja vertical**: qué es, tipos, beneficios y desventajas. 2020. Disponível em: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/granja-vertical-fabrica-de-plantas/>.
- ANCHATIPAN, B. S. T.; GANZINO, V. A. Y. **Automatización de un sistema de cultivo aeropónico experimental con monitoreo remoto mediante sistemas embebidos para la empresa Asemi**. 2022. 91 f. TCC (Graduação) - Curso de Ingeniería

Electrónica, Universidad Politécnica Salesiana, Quito - Ecuador, 2022. Disponível em: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22273>.

BARROS, B. R. S.; CHICAIZA, L. M. T. Semiautomatizado de un sistema de cultivo aeropónico. **Juventud y Ciencia Solidaria**: en el camino de la investigación, [S.l.], n. 14, p. 18-21, jul. 2023. Disponível em: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25219>.

DELLIS, G. **Qué es la hidroponia vertical y cómo está transformando la agricultura**. [202?]. Disponível em: <https://www.greentecher.com/hidroponia-vertical-la-nueva-agricultura/>.

FERREIRA, J. R.; SILVA, L. M. Aeroponic cultivation systems: technological advances and environmental benefits. **Journal of Sustainable Agriculture**, [S.l.], v. 29, n. 4, p. 234-246, 2022.

GUNDIM, L. L. S.; LIMA, R. P. L. P. Fazenda vertical como modelo sustentável de agricultura urbana. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S.l.], v. 12, n. 1, p. 1-15, mar. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.59306/rgsa.v12e12023e18784>

ISI FARMER. **Aprender: cultivos, plantas, agricultura vertical**. [202?]. Disponível em: <https://isifarmer.com/es/aprender/cultivos-plantas-agricultura-vertical>.

MARTINS, F. S.; COSTA, R. G. Use of IoT in controlled environment agriculture. **Smart Farming Journal**, [S.l.], v. 11, n. 5, p. 402-414, 2024.

PEREIRA, S. F.; OLIVEIRA, M. A.; RIBEIRO, D. Vertical farming and resource optimization for urban agriculture. **International Journal of Agricultural Technology**, [S.l.], v. 32, n. 2, p. 345-358, 2023.

PRIETO, J. P. Prototipo de un sistema de automatización de invernadero basado en Arduino y sensores con control de comando. **Tecnología, Diseño e Innovación**, [S. l.], v. 3, n. 1, 2017. Disponível em: <https://www.unae.edu.py/ojs/index.php/facat/article/view/52>.

Teledetecção agrícola na otimização da produção de café

Agricultural remote sensing in coffee production optimization

ARCENIO PALACIO SMITH

Discente de Agricultura Mecânica de Precisão (UNIPAM)
E-mail: arzeniopalacio@unipam.edu.br

ANGEL ALEXIS VIQUEZ TERRANOVA

Discente de Agricultura Mecânica de Precisão (UNIPAM)
E-mail: angelalexisvt@unipam.edu.br

FRANCISCO ELÍAS DÍAZ JAÉN

Discente de Agricultura Mecânica de Precisão (UNIPAM)
E-mail: franciscoelias@unipam.edu.br

ROSELYN YANETH NAVARRO CAMARENA

Discente de Agricultura Mecânica de Precisão (UNIPAM)
E-mail: roselyncamarena@unipam.edu.br

YEMED STUART ARAÚZ ACOSTA

Discente de Agricultura Mecânica de Precisão (UNIPAM)
E-mail: yemedstuart@unipam.edu.br

SANDRA LÚCIA NOGUEIRA

Professora orientadora (UNIPAM)
E-mail: sandraln@unipam.edu.br

FÁBIO DE BRITO GONTIJO

Professor co-orientador (UNIPAM)
E-mail: fabiobg@unipam.edu.br

Resumo: A teledetecção agrícola tornou-se uma ferramenta indispensável na agricultura moderna, contribuindo para a análise da qualidade do solo, o monitoramento da saúde das plantas e o aumento da produtividade. Frente à crescente demanda por alimentos e aos desafios impostos pelas mudanças climáticas, essa tecnologia apresenta soluções estratégicas para otimizar a produção agrícola e mitigar impactos ambientais. Este estudo analisou o uso de satélites, drones e softwares para detecção de pragas e doenças, geração de mapas de cobertura vegetal e aprimoramento da gestão das lavouras. A metodologia envolveu a coleta de imagens multiespectrais e o emprego de drones equipados com sensores de alta precisão. As imagens foram processadas digitalmente, permitindo a identificação de anomalias na vegetação e a previsão de surtos de doenças. Esses dados foram correlacionados com análises de solo, proporcionando uma visão integrada da saúde das culturas. Os resultados preliminares

indicaram uma identificação precisa de áreas afetadas por pragas, possibilitando intervenções até 25% mais rápidas e eficazes. Observou-se também uma redução de até 25% no uso de pesticidas e fertilizantes e um aumento de até 30% na eficiência hídrica, graças ao uso otimizado de mapas de cobertura vegetal. A integração da teledeteção na agricultura de precisão tem transformado o manejo agrícola, promovendo uma gestão proativa e assertiva. O uso de imagens de satélite e drones com sensores de alta resolução oferece uma visão detalhada das lavouras, garantindo maior eficiência produtiva e resiliência às incertezas climáticas.

Palavras-chave: agricultura de precisão; drones; monitoramento; satélites.

Abstract: Agricultural remote sensing has become an indispensable tool in modern agriculture, contributing to soil quality analysis, plant health monitoring, and increased productivity. In the face of the growing demand for food and the challenges posed by climate change, this technology offers strategic solutions to optimize agricultural production and mitigate environmental impacts. This study analyzed the use of satellites, drones, and software for pest and disease detection, generation of vegetation cover maps, and enhancement of crop management. The methodology involved the collection of multispectral images and the use of drones equipped with high-precision sensors. The images were digitally processed, allowing the identification of vegetation anomalies and the prediction of disease outbreaks. These data were correlated with soil analysis, providing an integrated view of crop health. Preliminary results indicated precise identification of areas affected by pests, enabling interventions that were up to 25% faster and more effective. A reduction of up to 25% in the use of pesticides and fertilizers and an increase of up to 30% in water efficiency were also observed, thanks to the optimized use of vegetation cover maps. The integration of remote sensing in precision agriculture has transformed farm management, promoting proactive and assertive management. The use of satellite images and drones with high-resolution sensors offers a detailed view of crops, ensuring greater productive efficiency and resilience to climate uncertainties.

Keywords: precision agriculture; drones; monitoring; satellites.

1 INTRODUÇÃO

No Panamá, o setor agrícola desempenha um papel fundamental na estabilidade econômica e na segurança alimentar do país. No entanto, enfrenta desafios significativos, como os impactos das mudanças climáticas, a degradação do solo e a ineficiência na gestão de recursos, fatores que comprometem sua sustentabilidade e produtividade. Para enfrentar esses obstáculos, torna-se essencial adotar abordagens inovadoras que transformem as práticas agrícolas locais. Uma solução promissora é a implementação de um sistema avançado de teledeteção, que combina tecnologias de satélites e drones para oferecer um monitoramento abrangente e em tempo real das condições agrícolas. Essa abordagem tecnológica não apenas auxilia na tomada de decisões baseadas em dados, mas também promove o uso eficiente de insumos, melhora as condições de cultivo e possibilita a detecção precoce de pragas e doenças, contribuindo para a sustentabilidade do setor (Zhang, C.; Kovacs, 2012).

A teledeteção refere-se à técnica de obtenção de informações sobre objetos ou áreas à distância, geralmente por meio de satélites ou drones. Essa tecnologia baseia-se na captura da radiação eletromagnética refletida ou emitida pela superfície terrestre. Existem dois tipos principais de sensoriamento remoto: o passivo, que registra a

radiação solar refletida pelos objetos, e o ativo, que emite sua própria radiação e mede a resposta do alvo (Lillesand; Kiefer; Chipman, 2015).

O sensoriamento remoto tem se destacado em diversos estudos voltados para a gestão de recursos naturais. Lillesand, Kiefer e Chipman (2015) discutem sua aplicação na avaliação da qualidade da água, enfatizando a contribuição dos dados de satélite para essa finalidade. Turner, Meyer e Skole (2015) exploram sua capacidade de monitorar mudanças no uso e cobertura da terra, ressaltando sua importância em estudos sobre desmatamento e urbanização. Já Gitas *et al.* (2020) analisam o uso dessa tecnologia na agricultura de precisão, destacando o potencial de monitoramento da sanidade das culturas para otimizar os rendimentos agrícolas.

Para maximizar a eficácia do sensoriamento remoto, é fundamental integrar dados provenientes de diferentes fontes, como satélites e drones, e utilizar softwares especializados na análise de imagens (Pettorelli, 2014).

O Quantum Geographic Information System (QGIS) é um software de código aberto projetado para a visualização, edição e análise de dados geoespaciais. Com uma interface acessível, o QGIS atende a usuários de diferentes níveis de experiência, suportando uma ampla variedade de formatos de dados e possibilitando a integração de informações provenientes de diversas fontes. Essa versatilidade é particularmente valiosa em áreas como planejamento urbano, gestão ambiental e agricultura de precisão (Bernhardsen, 2018).

Uma de suas principais funcionalidades é a capacidade de sobreposição e visualização de múltiplas camadas de dados geográficos, o que facilita análises espaciais detalhadas e a identificação de padrões. Além disso, o QGIS inclui ferramentas de geoprocessamento que permitem explorar as inter-relações entre diferentes fenômenos geográficos.

O software também se destaca na importação e análise de dados de teledetecção. Por meio de índices como o Índice de Diferença Normalizada da Vegetação (NDVI), é possível monitorar a saúde das culturas e identificar áreas sujeitas a estresse hídrico ou infestação de pragas, contribuindo significativamente para a agricultura de precisão (HAJJ *et al.*, 2021).

O NDVI é amplamente utilizado para quantificar a saúde da vegetação em áreas específicas. Seus valores variam de -1 a +1, sendo que valores próximos a +1 indicam vegetação densa e saudável, enquanto valores em torno de 0 sugerem áreas com pouca ou nenhuma vegetação. Valores negativos, por sua vez, geralmente correspondem a superfícies não vegetais, como corpos d'água ou solo exposto. Este índice é fundamental não apenas para o monitoramento da vegetação, mas também para a compreensão das dinâmicas dos ecossistemas e das interações entre fatores ambientais.

Na agricultura de precisão, o NDVI desempenha um papel crucial ao permitir a avaliação em tempo real da saúde das culturas. Ele auxilia os agricultores na identificação de áreas que necessitam de intervenções específicas, como irrigação, fertilização ou controle de pragas. Além disso, o índice facilita a análise de mudanças sazonais na vegetação, contribuindo para previsões mais precisas sobre rendimentos de colheitas e otimizando o planejamento agrícola.

A integração do NDVI com sistemas de informação geográfica, como o QGIS, expande suas aplicações, possibilitando análises mais detalhadas e a combinação de

dados geoespaciais. Essa integração é essencial para a gestão ambiental e o mapeamento de ecossistemas, consolidando o NDVI como uma ferramenta indispensável para o estudo e manejo sustentável de recursos naturais (Lillesand; Kiefer; Chipman, 2015).

A adoção de tecnologias de teledetecção não apenas impulsiona o desenvolvimento rural e a redução da pobreza, mas também contribui significativamente para a segurança alimentar e o crescimento econômico do Panamá. O fortalecimento da agricultura, setor fundamental para a economia e a segurança alimentar do país, demanda a capacitação de agricultores e técnicos para o uso eficiente dessas ferramentas, além de suporte contínuo para assegurar sua implementação bem-sucedida.

A teledetecção agrícola emergiu como uma ferramenta indispensável na agricultura moderna, promovendo melhorias na qualidade do solo, no monitoramento da saúde das plantas e no aumento da produtividade. Diante de uma crescente demanda por alimentos e dos desafios impostos pelas mudanças climáticas, essa tecnologia apresenta soluções estratégicas para otimizar a produção agrícola e reduzir os impactos ambientais.

No contexto do Panamá, onde o setor agrícola desempenha um papel fundamental na estabilidade econômica e na segurança alimentar, os desafios são ainda mais evidentes. Mudanças climáticas, degradação do solo e ineficiências na gestão de recursos configuram ameaças significativas à sustentabilidade e à produtividade do setor.

Para enfrentar esses desafios, este estudo tem como objetivo geral desenvolver um sistema avançado de teledetecção agrícola, utilizando um software capaz de integrar tecnologias de satélites e drones para proporcionar um monitoramento completo e em tempo real das culturas, permitindo a tomada de decisões informadas e estratégicas.

Dentre os objetivos específicos, destacam-se: otimizar o uso de insumos e promover a manutenção da saúde do solo por meio da teledetecção; monitorar e controlar pragas e doenças desde as etapas iniciais; gerar mapas precisos com o suporte de satélites e drones, visando aprimorar a gestão agrícola; e implementar práticas que favoreçam o aumento da produtividade e a sustentabilidade do setor (Anderson; Gaston; 2013).

A teledetecção tem sido amplamente utilizada em países como o Brasil, onde é aplicada com sucesso no monitoramento de grandes áreas de cultivo, na otimização do uso de insumos e no enfrentamento de desafios ambientais, como o desmatamento e as mudanças climáticas. Esses exemplos evidenciam um potencial transformador da tecnologia. No Panamá, a aplicação dessa tecnologia poderá impulsionar o desenvolvimento rural, reduzir a pobreza e contribuir de forma significativa para a segurança alimentar e o crescimento econômico do país.

2 MATERIAL E MÉTODO

A delimitação da área de estudo para a análise da cultura do café, utilizando teledetecção agrícola, foi realizada na Escola Estadual Agrotécnica Afonso Queiroz, localizada no campo experimental na Rua Cinco de Maio, no município de Patos de Minas – MG. As coordenadas geográficas do local são 18°36'35,77"S e 46°29'20,38"O, a

uma altitude de 1.100 m sobre o nível do mar. O clima da região é caracterizado como tropical de altitude, com verões quentes e chuvosos e invernos secos e frescos. Patos de Minas apresenta uma precipitação anual de aproximadamente 1.200 a 1.400 mm, concentrada principalmente entre os meses de outubro e março. A temperatura média anual é de cerca de 21 °C, com máximas que podem chegar a 30 °C durante os meses mais quentes, especialmente em janeiro e fevereiro (INMET, 2023).

A Figura 1 apresenta o mapa de resultados obtido por meio da teledetecção agrícola, evidenciando as áreas de cultivo de café na região. A escolha dessa localidade para o projeto justifica-se pela importância da região para a produção cafeeira, além da diversidade de microclimas e variações topográficas que impactam diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Figura 1: Mapa delimitação da área de estudo do café com teledetecção agrícola



Utilizando imagens de satélite e dados de sensoriamento remoto, foi possível mapear as diferentes parcelas de cultivo, permitindo a avaliação em tempo real das condições da cultura e a identificação de áreas que demandam manejo específico, a fim de maximizar a produtividade e a qualidade do café.

Para a avaliação das partes foliares, foram coletados dados foliares de quatro áreas distintas na cultura do café, juntamente com quatro amostras de solo nas mesmas áreas, no estágio fenológico V. As análises foliares e do solo foram realizadas posteriormente. Para a obtenção das imagens, foram utilizados os seguintes equipamentos: câmara espectral, QGIS, satélite Sentinel-2, NDVI e Google Earth Pro. A amostragem do solo foi realizada com saco plástico, GPS, motor de amostragem, balde e encaminhada para o laboratório. A colheita ocorreu manualmente em uma área útil de 2.968 m² da cultura do café.

Além disso, diversos processos foram adotados para a coleta dos dados necessários à análise foliar, incluindo: seleção do satélite, escolha das bandas apropriadas, aquisição das imagens, processamento das imagens de satélite, composição de cores, análise das imagens, validação em campo e geração de relatórios. Para a amostragem do solo, os procedimentos envolveram: definição da área de amostragem,

coleta das amostras de solo, processamento das amostras, determinação da frequência de amostragem, apresentação das análises de solo e interpretação dos resultados.

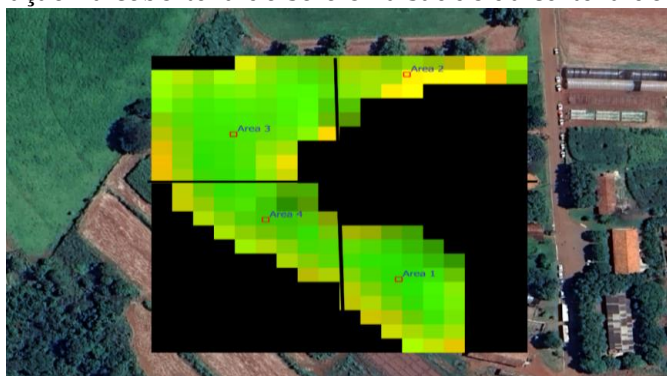
O delineamento utilizado foi o DPC (Delineamento de Polígono ao Acaso), com esquema vetorial $(2 \times 2) + 1$, consistindo em duas repetições de análise. Essas análises envolveram duas fontes de informação: a análise foliar utilizando câmara espectral e a análise do solo. O software QGIS foi empregado juntamente com uma câmara espectral de 10 m por pixel. As amostras foram coletadas em uma área de 2.968 m², subdividida em quatro partes, com visitas técnicas realizadas à cultura do café. Esse procedimento resultou em quatro estudos experimentais sobre a cultura do café, localizados na escola agrícola.

A área destinada à cultura do café possui 11.873 m², com 185,25 metros de comprimento e espaçamento de 0,8 m. Para a realização das análises, foram excluídas duas linhas laterais e 1 metro no início e no final de cada parcela. Para este estudo, foram considerados apenas os tratamentos utilizados por área para a análise com câmara espectral, aplicando-se a resolução de 10 m por pixel em cada área equivalente a 2.968 m². A amostragem do solo na cultura do café foi realizada em uma área de 11.873 m², dividida em quatro partes, cada uma com 2.968 m², com profundidade de 20 cm e cobertura de 100%. A análise foliar do café foi realizada de forma geoespacial, enquanto a amostragem do solo foi feita com georreferenciamento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta o mapa de resultados obtidos por meio da teledetecção agrícola, ilustrando as variações na cobertura do solo e na saúde das culturas analisadas. Este mapa oferece uma visão detalhada das áreas monitoradas, permitindo identificar zonas de estresse hídrico, deficiência de nutrientes e outras condições que podem afetar a produtividade agrícola. A interpretação desses dados é essencial para a tomada de decisões informadas na gestão dos recursos agrícolas e na implementação de práticas de manejo sustentáveis. As diferentes cores no mapa representam áreas com níveis variados de estresse hídrico e deficiência de nutrientes, facilitando a identificação de regiões que necessitam de intervenções específicas para otimizar a produtividade.

Figura 2: Mapa de resultados obtidos com a teledetecção agrícola, mostrando a variação na cobertura do solo e na saúde da cultura do café



A Tabela 1 apresenta os resultados da análise foliar realizada em quatro áreas de amostragem, utilizando o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) como indicador principal. A tabela destaca a classificação do estado de saúde das folhas, o percentual de folhas saudáveis em cada área, além de uma interpretação detalhada dos resultados. Esses dados são fundamentais para avaliar a vitalidade das plantas e identificar áreas que possam necessitar de intervenções para melhorar a saúde foliar.

Tabela 1: Resultados da Análise Foliar nas Áreas de Amostragem

Área	NDVI	Classificação	Percentual de Folhas Saudáveis	Interpretação
Área 1	0.68	Boa	70%	Saúde foliar acima da média, indicando plantas vigorosas.
Área 2	0.55	Moderada	55%	Possível estresse ou deficiências nutricionais.
Área 3	0.72	Excelente	85%	Alta atividade fotossintética e ótimo estado nutricional.
Área 4	0.65	Boa	65%	Saúde foliar satisfatória, com potencial para melhorias.

A análise foliar indica que a Área 3 apresenta o melhor estado de saúde, com 85% de folhas saudáveis, o que sugere que práticas de manejo eficazes estão sendo adotadas, contribuindo para a alta atividade fotossintética das plantas. As Áreas 1 e 4 possuem classificações "Boas", com 70% e 65% de folhas saudáveis, respectivamente, o que indica condições satisfatórias, embora haja margem para melhorias. Por outro lado, a Área 2, com apenas 55% de folhas saudáveis, apresenta sinais evidentes de estresse ou deficiências nutricionais, o que exige atenção imediata para evitar impactos negativos na produção.

A Tabela 2 apresenta os resultados da análise de solo realizada nas quatro áreas de amostragem, oferecendo informações essenciais sobre as condições edáficas. Os parâmetros analisados incluem pH, porcentagem de matéria orgânica e os níveis de nutrientes essenciais, como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Esses dados são fundamentais para compreender a fertilidade do solo e suas características, permitindo identificar áreas que podem necessitar de melhorias ou intervenções específicas para otimizar a saúde das plantas e o desempenho agrícola.

Tabela 2: Resultados da análise de solo nas áreas de amostragem

Área	pH	Matéria Orgânica (%)	N (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Interpretação

Área 1	5.8	3.0 (Boa)	25 (Adequado)	15 (Moderado)	100 (Adequado)	pH e nutrientes em níveis adequados, mas fósforo requer atenção.
Área 2	6.0	2.5 (Moderada)	20 (Adequado)	18 (Moderado)	120 (Adequado)	Boa qualidade de pH, matéria orgânica moderada, fósforo em nível aceitável.
Área 3	5.5	3.5 (Boa)	30 (Adequado)	25 (Bom)	140 (Adequado)	Boa saúde do solo, com bons níveis de nutrientes.
Área 4	6.2	2.8 (Moderada)	28 (Adequado)	22 (Bom)	130 (Adequado)	Solo equilibrado, com necessidade de aumentar a matéria orgânica.

As análises de solo revelam que a maioria das áreas apresenta pH e níveis de nutrientes adequados. A Área 3 se destaca, com pH adequado e altos níveis de nutrientes, resultando em boas condições para a saúde do solo. A Área 1, apesar de possuir níveis satisfatórios de nutrientes, apresenta um nível moderado de fósforo, o que indica a necessidade de melhorias na fertilização fosfatada. Na Área 2, a matéria orgânica é moderada, mas o pH é aceitável, permitindo certo potencial de recuperação com práticas de manejo adequadas. Por fim, a Área 4, embora possua um solo equilibrado, necessita de um aumento na matéria orgânica, o que pode ser alcançado com a aplicação de compostos orgânicos.

É importante ressaltar que, para a Área 1, é essencial intensificar a adubação fosfatada e realizar avaliações periódicas da saúde foliar e das condições do solo. Para a Área 2, recomenda-se investigar a profundidade do estresse e aplicar fertilizantes equilibrados, com monitoramento constante da umidade do solo. Na Área 3, é aconselhável manter as práticas de manejo adotadas até o momento, além de considerar a rotação de culturas e realizar análises periódicas de nutrientes para garantir a saúde contínua do solo. Por fim, para a Área 4, é necessário aumentar a matéria orgânica do solo por meio da aplicação de compostos orgânicos e observar as variações nos níveis de nutrientes ao longo do tempo.

Essas recomendações visam não apenas otimizar a saúde das plantas, mas também garantir a qualidade do solo, promovendo um manejo agrícola sustentável e eficiente, com impactos positivos na produtividade da cultura do café.

4 CONCLUSÃO

A implementação de um sistema avançado de teledeteção agrícola no Panamá representa uma oportunidade transformadora para o setor agrícola do país. A integração

de satélites e drones possibilita um monitoramento em tempo real das condições das culturas, além de permitir uma gestão mais eficiente dos recursos. A análise dos dados coletados, por meio de ferramentas como o NDVI e o QGIS, facilita a identificação de áreas que necessitam de intervenções imediatas, como irrigação, fertilização e controle de pragas. Dessa forma, a teledetecção se estabelece como um aliado poderoso na mitigação dos desafios climáticos e na promoção da sustentabilidade no setor.

Os resultados das análises foliares e de solo evidenciam a eficácia do uso da teledetecção para avaliar tanto a saúde das plantas quanto as condições edáficas. Com base nas informações obtidas, é possível não apenas compreender a vitalidade das culturas, mas também implementar práticas de manejo que otimizem a fertilidade do solo e, por conseguinte, aumentem a produtividade agrícola. As recomendações elaboradas para cada área de amostragem são fundamentais para que os agricultores adotem medidas que promovam a saúde das plantas e a qualidade do solo, estabelecendo um ciclo contínuo de melhoria na produção agrícola.

Em suma, a adoção das tecnologias de teledetecção no Panamá fortalece a agricultura local, desempenhando um papel crucial na segurança alimentar e no desenvolvimento rural sustentável. À medida que os agricultores e técnicos se capacitam para utilizar essas ferramentas, espera-se um aumento significativo na resiliência do setor agrícola, com benefícios diretos na redução da pobreza e no crescimento econômico do país. Assim, é imperativo que se invista na capacitação e no suporte contínuo aos envolvidos, assegurando que os benefícios da teledetecção se traduzam em melhorias tangíveis para a agricultura panamenha.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, K.; GASTON, K. J. Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 11, n. 3, p. 138-146, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1890/120150>.

BERNHARDSEN, T. **Geographic Information Systems: An Introduction**. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, 2018.

GITAS, I. Z. *et al.* Remote sensing of agriculture: Recent advances and trends. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 92, p. 102196, 2020.

HAJII, M. *et al.* Advances in Geospatial Science and Technology for Environmental Monitoring. **Remote Sensing**, v. 13, n. 21, p. 4255, 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Dados meteorológicos históricos de Patos de Minas. Disponível em: <https://www.inmet.gov.br/>. Acesso em: 18 out. 2024.

LILLESAND, T.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. 7. ed. New York: John Wiley & Sons, 2015.

PETTORELLI, N. *et al.* Satellite remote sensing for applied ecologists: opportunities and challenges. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, n. 4, p. 839-848, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12261>

TURNER, B. L.; MEYER, W. B.; SKOLE, D. L. Global land-use/land-cover change: towards an integrated study. **Ambio**, v. 23, n. 1, p. 91-95, 1994.

ZHANG, C.; KOVACS, J. M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. **Precision Agriculture**, v. 13, n. 6, p. 693-712, 2012.