IX CICA

CONGRESSO INTERNACIONAL
DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS



FUTURO E INOVAÇÃO NO AGRO

12 a 14 de maio de 2026

PUCPR – Campus Toledo

AGRONOMIA PUCPR
TOLEDO - PR

CENTRO ACADÊMICO DE AGRONOMIA
PUCPR - CAMPUS TOLEDO

IX CICA

CONGRESSO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Futuro e inovação no Agro

Toledo – PR

12 a 14 de maio de 2026

Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR, Campus Toledo
Rua Guarani, 4280, Jardim Coopagro – CEP 85.902.532, Toledo – PR, Telefone (45) 3277-8600

Equipe organizadora:

Centro Acadêmico de Agronomia da PUCPR, Campus Toledo – CAAGRO

- Laís Ribeiro Smek – Presidente
- Maria Eduarda Rodrigues – Vice-presidente
- Luis Eduardo Magon Muller – Secretário Geral
- Vinicius Straliotto Pierozan – Secretário
- Daniela Langer – Tesoureira
- Lucas Mariano da Silva – Diretor de Comunicação
- André Luiz Herbst Bevilaqua – Vice-diretor de Comunicação
- Thainá Zanotelli Molinari – Diretora de Marketing
- Guilherme Jean Gutjahr – Vice-diretor de Marketing

Coordenação do evento:

Profa. Dra. Idiana Marina Dalastra

Comissão Organizadora Docente:

Profa. Dra. Natália Cardoso Winter

Profa. Dra. Idiana Marina Dalastra

Comissão Avaliadora:

Prof. Dr. Alexandre Luís Muller

Profa. Dra. Idiana Marina Dalastra

Prof. Dr. Jacir Daga

Profa. Dr. João Edson Kaefer

Profa. Dra. Luciana Alves Fogaça

Profa. Dra. Marcia de Holanda Nozaki

Prof. Dr. Martios Ecco

Profa. Dra. Natália Cardoso Winter

Prof. Msc. Rodrigo Campagnolo

Prof. Dr. Wilian Rosa Bosquete

Dados da Catalogação na Publicação
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR – Biblioteca Toledo

C749
2026

Congresso Internacional de Ciências Agrárias (9. : 2026 : Toledo, PR)
Anais do IX CICA – Congresso Internacional de Ciências Agrárias : Futuro e inovação no Agro / Centro Acadêmico de Agronomia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. – Toledo : PUCPR, 2026.
1 recurso online PDF (110 p.) : il.

Inclui bibliografias
ISBN 978-65-999072-2-7

1. Agronomia - Congressos. 2. Agricultura sustentável. 3. Inovações tecnológicas. 4. Produtividade agrícola. I. Pontifícia Universidade Católica do Paraná (Campus Toledo). Centro Acadêmico de Agronomia. II. Título.

CDD 20. ed. – 630.63

Bibliotecária: Kely Comin Grigoletto CRB-9/1177

SUMÁRIO

EFICIÊNCIA DE USO DE FÓSFORO EM CULTIVARES DE SOJA RELACIONADA À MASSA SECA E À CONCENTRAÇÃO DE P 1

PARÂMETROS RADICULARES GOVERNAM A EFICIÊNCIA DE ABSORÇÃO DE FÓSFORO EM CULTIVARES DE SOJA 5

NUTRIÇÃO MINERAL E CRESCIMENTO INICIAL DE FEIJÃO MOYASHI (*Vigna radiata L.*) EM CASA DE VEGETAÇÃO 9

ESTRATÉGIAS DE APLICAÇÃO DE BORO NO DESEMPENHO PRODUTIVO DO FEIJÃO COMUM 11

O IMPACTO DA APLICAÇÃO EM TAXA VARIÁVEL NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA 15

AGRICULTURA 5.0: INTEGRAÇÃO ENTRE TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE NO AGRONEGÓCIO 18

BACILLUS ASSOCIADOS AO ÁCIDO INDOLBUTÍRICO NO ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE GOIABEIRA CV. TAILANDESA 21

BIOESTIMULANTES NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE DUAS ESPÉCIES DE FISÁLIS 25

CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE JABUTICABAS (*Myrciaria spp.*) SUBMETIDAS A DIFERENTES TIPOS DE EMBALAGEM E CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO 29

EFICIÊNCIA DE DIFERENTES PRODUTOS DE HIGIENIZAÇÃO NA CONSERVAÇÃO DA QUALIDADE PÓS- COLHEITA DE PITANGAS 34

INFLUÊNCIA DO 2,4-D COMO REGULADOR DE CRESCIMENTO EM FUNÇÃO DOS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DO TRIGO 37

PROTOCOLO DE ASSEPSIA COM HIPOCLORITO DE SÓDIO EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES EM EXPLANTES DE ALHO (*Allium* sativum) 41

TEMPO DE EXPOSIÇÃO AO CARBURETO (CaC_2) NA MATURAÇÃO DE BANANAS 45

COMPORTAMENTO AGRONÔMICO DA AVEIA PRETA SUBMETIDA A DOSES DE NITROGÊNIO 49

CONTROLE DE *Meloidogyne incognita* EM QUIABEIRO COM ENCAPSULADO DE *Pycnoporus sanguineus* 53

EFICIÊNCIA DE ESTRATÉGIAS QUÍMICAS E MECÂNICAS NO CONTROLE DE CAPIM-AMARGOSO (*Digitaria insularis*) EM ESTÁDIO REPRODUTIVO 56

PROSPECÇÃO DE PARASITOIDES DE NINFAS DE MOSCA-BRANCA NA CULTURA DO TOMATE EM ASSIS CHATEAUBRIAND, PARANÁ 60

MANEJO DA ALTURA DE CORTE NA PRODUÇÃO DE FORRAGEM E VIGOR DO REBROTE EM AVEIA-PRETA 63

FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DE *Erinnyis ello* L. E DE SEUS PARASITOIDES DE OVOS EM

DUAS CULTIVARES COMERCIAIS DE MANDIOCA 67

APLICAÇÃO DE *Methylobacterium symbioticum* EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS NA CULTURA DO MILHO 71

EFICIÊNCIA DE HERBICIDAS NO CONTROLE DO CARURU EM CONSÓRCIO MILHO-BRAQUIÁRIA EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS.....77

CONSÓRCIO MILHO-BRAQUIÁRIA: EFEITOS EM HÍBRIDOS DE MILHO E NA QUALIDADE DO SOLO 81

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA E DO IMPACTO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS NA QUALIDADE E CONSERVAÇÃO DE BANANAS PRATA EM CONDIÇÕES CONTROLADAS 86

EFICÁCIA DA EMBALAGEM A VÁCUO NA CONSERVAÇÃO PÓSCOLHEITA DE DIFERENTES ESPÉCIES DE CITRUS 90

MÉTODOS DE ARMAZENAMENTO PÓS-COLHEITA DE BANANA-PRATA (*MUSA SP.*, GRUPO AAB, SUBGRUPO PRATA).....93

PRODUÇÃO E RESISTÊNCIA A LEPIDÓPTEROS DE GENÓTIPOS DE MILHO EM RELAÇÃO ÀS SUAS BIOTECNOLOGIAS.....97

PRODUÇÃO E RESISTÊNCIA A LEPIDÓPTEROS DE GENÓTIPOS DE MILHO EM RELAÇÃO ÀS SUAS BIOTECNOLOGIAS.....102

USO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DA LIMA ÁCIDA TAHITI (*Citrus latifolia*) 107

EFICIÊNCIA DE USO DE FÓSFORO EM CULTIVARES DE SOJA RELACIONADA À MASSA SECA E À CONCENTRAÇÃO DE P

Andrei Renan Klein (AGRONOMIA/UTFPR-SH, andreiklein@alunos.utfpr.edu.br), Isabel Coser Pinto (AGRONOMIA/UTFPR-SH, coserpintoisabel@gmail.com), Kayo Becker (AGRONOMIA/UTFPR-SH, kayobecker@alunos.utfpr.edu.br), Rafael Niedermayer (PPGSIS/UTFPR-SH, rafaelniedermayer@hotmail.com), Raíssa Schwalbert (AGRONOMIA/UFFS-CL, raissa.schwalbert@uffs.edu.br) e Lincon Stefanello (AGRONOMIA/UTFPR-SH, lincono@utfpr.edu.br)

Área Temática: Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas

Resumo: O fósforo (P) é um elemento essencial e limitante à produtividade da soja, especialmente em solos tropicais. Assim, a identificação de cultivares mais eficientes no uso de P é fundamental para otimizar a adubação fosfatada. O objetivo do estudo foi avaliar a eficiência de uso de P em cultivares de soja. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em sistema hidropônico, sob os níveis baixo (10 µmol L^{-1}) e alto (100 µmol L^{-1}) de P. As cultivares foram BMX 50i52 IPRO, DM 66i68 IPRO, BMX 55i57 IPRO, M 5838 IPRO, BMX 59i60 IPRO, SYN 1561 IPRO, NS 6209 RR, BRS 1003 IPRO, TEC 7849 IPRO, NS 5445 IPRO, NA 5909 RG, M 6410 IPRO, BMX 68i70 IPRO, BRS 1074 IPRO, VTOP RR e TEC IRGA 6070 RR. As plantas foram avaliadas no estádio V5 quanto à massa seca da parte aérea e de raízes e à concentração de P nos tecidos, sendo calculada a eficiência de uso de P (EUP). Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Observou-se variabilidade genotípica entre as cultivares, com maior disponibilidade de P aumentando a biomassa e a concentração do nutriente. A EUP foi superior sob baixo suprimento de P, destacando-se BMX 55i57 IPRO, M 5838 IPRO, SYN 1561 IPRO, NS 6209 RR, BRS 1003 IPRO, DM 66i68 IPRO e BMX 68i70 IPRO. Os resultados contribuirão para alocação de cultivares eficientes em ambientes pobres em P.

Palavras-chave: Eficiência nutricional; fosfato; *Glycine max* (L.); genótipos, sustentabilidade.

Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) destaca-se como uma das principais fontes de proteína vegetal no mundo, sendo amplamente utilizada na formulação de rações para a pecuária e na alimentação humana. Nesse contexto, a cultura constitui um dos pilares do agronegócio brasileiro, desempenhando papel fundamental na economia nacional e no comércio internacional.

Na safra 2024/25, a produção brasileira atingiu 171,5 milhões de toneladas, representando um incremento de aproximadamente 13% em relação à safra anterior (Conab, 2025). Diante de sua elevada relevância global e da crescente demanda produtiva, torna-se fundamental a adoção de estratégias que visem à otimização da produtividade, com ênfase no aumento da eficiência nutricional das plantas (Fageria, 1998).

Diversos fatores influenciam a produtividade da soja, como a disponibilidade hídrica, o fotoperíodo, o pH do solo e a nutrição mineral. Nesse contexto, a deficiência de fósforo (P) pode comprometer a fotossíntese e, consequentemente, o crescimento e desenvolvimento das plantas (Schwalbert *et al.*, 2026). O P é um dos macronutrientes mais exigidos pela cultura, sendo que apenas 10 a 25% do nutriente aplicado é absorvido no primeiro ano (Fageria, 1998). No metabolismo vegetal, o P é essencial na transferência de energia (adenosina trifosfato - ATP), além de participar da fotossíntese, da respiração e da constituição de moléculas fundamentais, como ácidos nucleicos, fosfolipídios, fosfoproteínas e coenzimas (Schwalbert *et al.*, 2023).

Em geral, os solos brasileiros são pobres quimicamente, apresentando baixa disponibilidade de P às plantas, característica comum de regiões tropicais e subtropicais (Schwalbert *et al.*, 2023). Isso se deve, principalmente, à elevada capacidade de adsorção do P por óxidos de ferro e alumínio, o que reduz sua disponibilidade para as plantas (Fink *et al.*, 2016). Dessa forma, torna-se necessário que as exigências da soja sejam supridas por meio de práticas adequadas de manejo. Nesse sentido, a correção da acidez do solo, associada à adubação fosfatada, é fundamental para elevar os teores disponíveis do nutriente até níveis considerados adequados (CQFS-RS/SC, 2016; Pauletti; Motta, 2019). No entanto, mesmo com a aplicação de fertilizantes, a eficiência de aproveitamento do P pelas plantas ainda é limitada, o que reforça a necessidade de estratégias que aumentem sua eficiência de uso.

O P é um recurso finito e não renovável, obtido principalmente pela mineração de rochas fosfatadas, o que levanta preocupações quanto à sua disponibilidade futura e reforça a necessidade de uso mais eficiente na agricultura (Scholz *et al.*, 2025). Nesse contexto, a eficiência de uso de P (EUP), capacidade da planta em produzir maior quantidade de biomassa por unidade de nutriente absorvido (Siddiqi; Glass, 1981), destaca-se como uma estratégia promissora.

Na soja, essa eficiência está relacionada à utilização e redistribuição interna do P nos tecidos vegetais, sendo a compreensão de sua alocação entre os diferentes órgãos fundamental para a identificação de cultivares mais eficientes (Schwalbert *et al.*, 2026). Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência de uso de P em diferentes cultivares de soja.

Material e Métodos

O estudo foi realizado na casa de vegetação do Departamento de Biologia (29.7158° S, 53.7202° W, 103 m) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul (RS). As condições experimentais de temperatura, umidade e luminosidade foram controladas. O experimento foi proposto utilizando 16 cultivares de soja, abrangendo representantes de grupos de maturidade relativa (GMR) entre 5,0 e 7,8, provenientes de diferentes obtentores e com distintas exigências de fertilidade do solo. As cultivares selecionadas foram: 1 = BMX 50i52 IPRO; 2 = BMX 55i57 IPRO; 3 = NS 5445 IPRO; 4 = M 5838 IPRO; 5 = BMX 59i60 IPRO; 6 = VTOP RR; 7 = SYN 1561 IPRO; 8 = NS 6209 RR; 9 = NA 5909 RG; 10 = TEC IRGA 6070 RR; 11 = BRS 1003 IPRO; 12 = M 6410 IPRO; 13 = DM 66i68 IPRO; 14 = BMX 68i70 IPRO; 15 = BRS 1074 IPRO; 16 = TEC 7849 IPRO.

As sementes foram germinadas em vermiculita e, após a emergência, plântulas uniformes foram transferidas para sistema hidropônico, permanecendo por quatro dias em aclimatização com solução nutritiva contendo concentração intermediária de P (55 µmol P L^{-1}). Posteriormente, os diferentes níveis de P, baixo (10 µmol P L^{-1}) e alto (100 µmol P L^{-1}) foram estabelecidos. Os demais nutrientes foram fornecidos em solução nutritiva previamente estabelecida para a cultura da soja (Schwalbert *et al.*, 2019), com renovação da solução a cada cinco dias e manutenção do pH em 5,9. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. O experimento foi estabelecido em esquema fatorial 2 × 16, sendo constituído por dois níveis de P e 16 cultivares de soja.

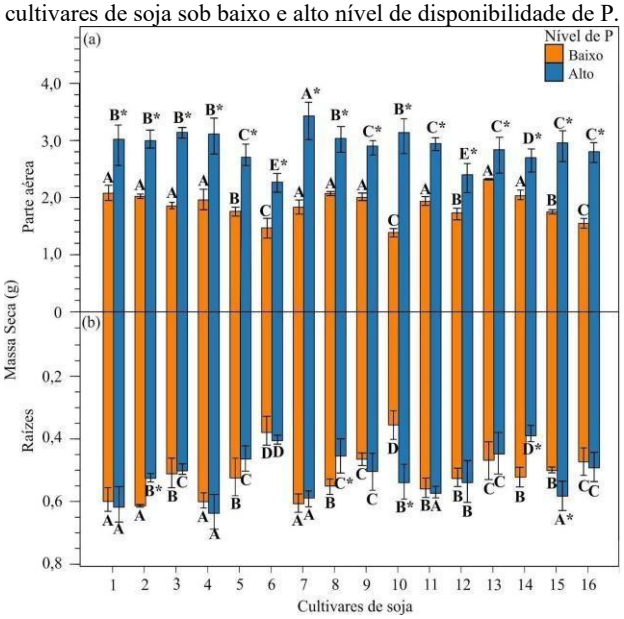
Quando as plantas encontravam-se com cinco nós no caule principal com folhas trifolioladas completamente desenvolvidas (estágio vegetativo - V5) (Fehr and Caviness, 1977), as plantas foram separadas em raiz e parte aérea, secas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até massa constante, pesadas e posteriormente submetidas à digestão sulfúrica (Tedesco *et al.*, 1995). Assim, foram medidas a massa seca das raízes (MSR) e a massa seca da parte aérea (MSPA). A determinação da concentração de P em cada órgão da planta foi realizada pelo método proposto por Murphy e Riley (1962).

A partir dos dados obtidos foi calculada a eficiência de uso de P (EUP): (massa seca total da planta)²/acúmulo de P na planta (Siddiqi and Glass, 1981). Os dados foram avaliados quanto à normalidade, submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) no ambiente estatístico R (R Core Team, 2026).

Resultados e Discussão

A variação genotípica explorada a partir dos materiais genéticos investigados apresentou resposta significativa quanto à disponibilidade de P, evidenciando diferenças marcantes no comportamento das cultivares frente às condições nutricionais impostas. De maneira geral, o alto nível de P promoveu maior acúmulo de biomassa (Figura 1) e concentração do nutriente nos tecidos vegetais (Figura 2), enquanto a maximização da eficiência de uso ocorreu em condições limitantes de P (Figura 3).

Figura 1. Massa seca de parte aérea (a) e de raízes (b) de cultivares de soja sob baixo e alto nível de disponibilidade de P.



Nota: Barras laranjas indicam baixo nível de P. Barras azuis indicam alto nível de P. Letras comparam cultivares de soja para um mesmo nível de P. Asterisco indica diferença estatística entre os níveis de disponibilidade de P para uma mesma cultivar de soja. Barras verticais indicam desvio padrão (n = 3).

Esse padrão de comportamento dos dados reforça que o P atua como um fator determinante para o adequado crescimento vegetal, influenciando diretamente processos fisiológicos essenciais, como a produção de energia metabólica (ATP), fundamental para a fotossíntese (Schwalbert *et al.*, 2026). Ao passo que, sob restrição de P, as plantas ativam mecanismos compensatórios, investindo mais energia no desenvolvimento do sistema radicular, a fim de aumentar sua capacidade de exploração de recursos em ambientes limitantes (Lynch, 2011).

Em baixa disponibilidade de P, as cultivares 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 13 e 14 apresentaram os maiores valores de massa seca da parte aérea, com médias próximas a 2,0 g (Figura 1a), demonstrando maior tolerância ao estresse nutricional de P. Esse comportamento sugere que tais materiais possuem maior capacidade de manter o crescimento mesmo sob limitação de P, possivelmente devido a uma melhor eficiência fisiológica ou estratégias de uso interno do nutriente, como redistribuição de P vacuolar (Schwalbert *et al.*, 2023).

Quando elevado o suprimento de P, a cultivar 7 (SYN 1561 IPRO) destacou-se isoladamente com a maior produção de massa seca, ultrapassando 3,0 g (Figura 1a), evidenciando elevado potencial produtivo em condições favoráveis. O aumento da matéria seca da parte aérea sob alto P está diretamente relacionado ao papel do nutriente no metabolismo energético, especialmente na formação de ATP, além de sua atuação na fixação de CO_2 e em processos metabólicos fundamentais ao crescimento vegetal (Schwalbert *et al.*, 2023).

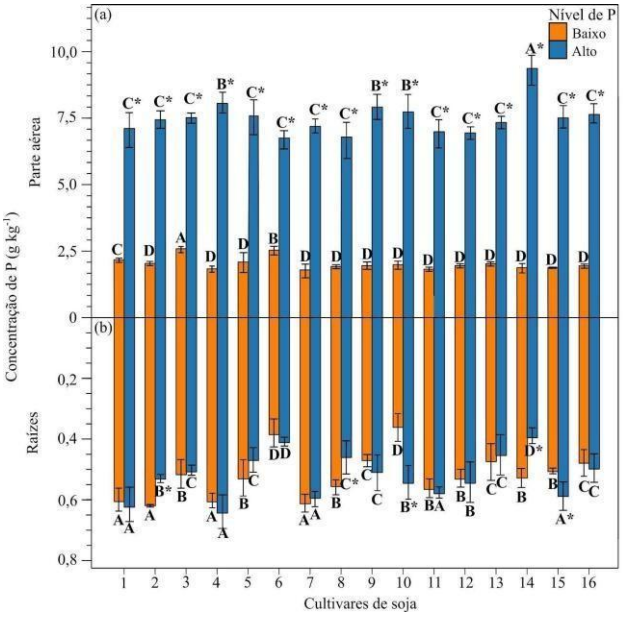
Além disso, pode-se esperar melhor desempenho de cultivares IPRO em relação a cultivares RR, uma vez que a tecnologia IPRO proporciona maior proteção contra

lagartas desfolhadoras, favorecendo a manutenção de uma maior área foliar fotossinteticamente ativa. Entretanto, a expressão desse desempenho ainda depende da interação entre genótipo, ambiente e manejo (G × E × M).

As raízes das cultivares 1, 2, 4 e 7 (Figura 1b) apresentaram melhor desempenho sob baixa disponibilidade de P, evidenciando uma resposta adaptativa típica ao estresse nutricional. Esse comportamento indica maior investimento no sistema radicular como estratégia para aumentar a exploração do ambiente e a aquisição de P. Em alto nível de disponibilidade de P, as cultivares 1, 4, 7, 11 e 15 apresentaram maiores valores de massa seca de raízes (Figura 1b), embora haja menor diferenciação entre os genótipos.

Contrapondo o comportamento observado na parte aérea, apenas as cultivares 2, 8, 10, 14 e 15 apresentaram diferenças significativas nesse compartimento. Isso reforça que, sob deficiência de P, ocorre maior alocação de recursos no sistema radicular, enquanto em condições de suprimento adequado há priorização do crescimento da parte aérea, favorecendo a interceptação de luz e a produtividade (Lynch, 2011). Esse ajuste na alocação de biomassa evidencia a plasticidade fenotípica das cultivares frente às condições de disponibilidade de P.

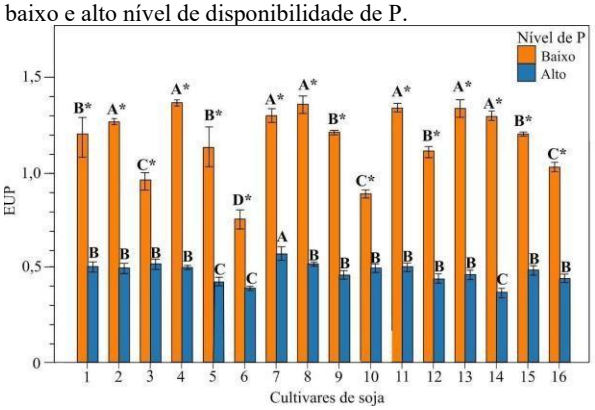
Figura 2. Concentração de P na parte aérea (a) e nas raízes (b) de cultivares de soja sob baixo e alto nível de disponibilidade de P.



Barras laranjas indicam baixo nível de P. Barras azuis indicam alto nível de P. Letras comparam cultivares de soja para um mesmo nível de P. Asterisco indica diferença estatística entre os níveis de disponibilidade de P para uma mesma cultivar de soja. Barras verticais indicam desvio padrão (n = 3).

Em relação à concentração de P, sob baixa disponibilidade, as cultivares 3 e 6 apresentaram maiores valores na parte aérea (≈2,5 g kg^{-1}), enquanto as cultivares 1, 2, 4 e 7 destacaram-se com valores superiores nas raízes (Figura 2). Já em alto nível de P, a cultivar 14 (BMX 68i70 IPRO) superou 9,0 g kg^{-1} na parte aérea, e as cultivares 1, 4, 7, 11 e 15 apresentaram maiores concentrações radiculares. Entretanto, a concentração de P não deve ser interpretada de forma isolada, uma vez que diferenças na produção de massa seca podem influenciar o acúmulo total do nutriente. Assim, cultivares com menor concentração de P nos tecidos podem apresentar maior conteúdo total de P em função da maior produção de biomassa.

Figura 3. Eficiência de uso de P (EUP) em cultivares de soja sob baixo e alto nível de disponibilidade de P.



Barras laranjas indicam baixo nível de P. Barras azuis indicam alto nível de P. Letras comparam cultivares de soja para um mesmo nível de P. Asterisco indica diferença estatística entre os níveis de disponibilidade de P para uma mesma cultivar de soja. Barras verticais indicam desvio padrão (n = 3).

A EUP foi significativamente maior sob baixo nível de disponibilidade em todas as cultivares, evidenciando a capacidade das plantas de otimizar o uso interno do nutriente em condições de estresse (Figura 3). Esse comportamento demonstra que, mesmo sob limitação, as plantas conseguem ajustar seu metabolismo para manter o crescimento, utilizando o P de forma mais eficiente (Siddiqi and Glass, 1981). As cultivares BMX 55i57 IPRO, M 5838 IPRO, SYN 1561 IPRO, NS 6209 RR, BRS 1003 IPRO, DM 66i68 IPRO e BMX 68i70 IPRO apresentaram os maiores índices nesse ambiente, com médias próximas a 1,5, indicando maior eficiência na conversão do P absorvido em biomassa.

Esse desempenho está associado a mecanismos adaptativos importantes, como a substituição de fosfolipídeos de membrana por glicolipídeos, reduzindo a demanda por P estrutural, além da redistribuição interna do nutriente mediada por enzimas como as fosfatases (Schwalbert *et al.*, 2023). Adicionalmente, esses genótipos podem apresentar maior capacidade de remobilização de P entre tecidos, contribuindo para a manutenção de processos metabólicos essenciais (Schwalbert *et al.*, 2026). Vale ressaltar que essa tecnologia (IPRO) geralmente é proveniente de programas de melhoramento mais recentes, podendo incorporar genes associados à maior eficiência nutricional e ao maior potencial produtivo.

Em ambiente de alta disponibilidade de P, a eficiência de uso reduziu-se para cerca de 0,5 (Figura 3), indicando menor eficiência na conversão do nutriente absorvido em biomassa. Esse comportamento está relacionado ao consumo excessivo de P, que leva ao acúmulo de formas inorgânicas nos tecidos, as quais nem sempre são imediatamente utilizadas nos processos metabólicos, reduzindo a relação entre absorção e produção de massa seca (Schwalbert *et al.*, 2026). Além disso, em condições

de abundância, há menor pressão seletiva para o uso eficiente do nutriente, o que pode resultar em menor ativação de mecanismos adaptativos. Assim, embora o aumento da disponibilidade de P favoreça o crescimento absoluto, ele pode resultar em menor eficiência fisiológica, evidenciando a importância da avaliação conjunta de produtividade e eficiência nutricional na seleção de cultivares, especialmente em sistemas de produção com diferentes níveis de disponibilidade de P.

Conclusões

O aumento do fornecimento de P promoveu maior acúmulo de biomassa e maior concentração do nutriente nos tecidos das plantas. No entanto, a eficiência de utilização de P foi superior sob condições de baixo suprimento, indicando a presença de mecanismos adaptativos das cultivares ao estresse nutricional.

Em condições de baixa disponibilidade de P, as cultivares BMX 55i57 IPRO (Zeus), M 5838 IPRO, SYN 1561 IPRO, NS 6209 RR, BRS 1003 IPRO, DM 66i68 IPRO e BMX 68i70 IPRO destacaram-se quanto à eficiência de uso do nutriente. Já sob alta disponibilidade, as cultivares M 5838 IPRO, SYN 1561 IPRO, TEC IRGA 6070 RR e BMX 68i70 IPRO apresentaram melhor desempenho.

Os resultados contribuem para a recomendação de cultivares mais eficientes em função da disponibilidade de fósforo no solo, favorecendo sistemas de produção mais sustentáveis, com maior racionalização do uso de fertilizantes fosfatados e menor impacto ambiental.

Referências

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: safra 2024/25 – décimo segundo levantamento. Brasília, DF: CONAB, 2025.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS-RS/SC) . **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2016.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 6-16, 1998.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977.

FINK, J. R.; INDA, A. V.; BAVARESCO, J.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; BAYER, C. Adsorption and desorption of phosphorus in subtropical soils as affected by management system and mineralogy. **Soil & Tillage Research**, v. 155, p. 62-68, 2016.

LYNCH, J. P. Root phenes for enhanced soil exploration and phosphorus acquisition: tools for future crops. **Plant Physiology**, v. 156, n. 3, p. 1041–1049, 2011.

MURPHY, J.; RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Analytica Chimica Acta, 27, 31–36, 1962.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. (ed.). **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná**. 2. ed. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2019.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2026. Disponível em: https://www.r-project.org/. Acesso em: 10 jan. 2026.

SCHOLZ, R. W; WELLMER, F. W.; MEW A, M.; STAINER, G. The dynamics of increasing mineral resources and improving resource efficiency. **Resources, Conservation and Recycling**, 2025.

SCHWALBERT, R. STEFANELLO, L.; SCHWALBET, R.; GARLET, L.; DOTTO, L.; NUNES, F.; TABALDI, L.; BERGHETTI, A.; DRESCHER, G.; BRUNETTO, G.; CIAMPITTI, I.;
NICOLOSO, F. Phosphorus dynamics in soybean: partitioning, redistribution, and physiological responses under fertilized and unfertilized tropical soils. **Soil and Tillage Research**, v. 258, e107030, 2026.

SCHWALBERT, R.; STEFANELLO, L.; GARLET, L. P.; DOTTO, L.; NUNES, F; BERGHETTI, Á.; BRUNETTO, G.; NICOLOSO, F.; CIAMPITTI, I.
Assessing phosphorus fractions in soil and soybean plants under contrasting nutrient levels for Alfisols and Oxisols. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 23, n. 6, e01435, 2023.

SCHWALBERT, R.; SILVA, L. O. S.; SCHWALBERT, R. A.; TAROUCO, C. P.; FERNANDES, G. S.; MARQUES, A. C. R.; COSTA, C. C.; HAMMERSCHMITT, R. K.; BRUNETTO, G.; NICOLOSO, F. T. Physiological responses of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivars to copper excess. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, n. 4, e20190121, 2019.

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 4, n. 3, p. 289-302, 1981.

TEDESCO, M. J. (org.). **Análise de solo, plantas e utros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, 1995.

PARÂMETROS RADICULARES GOVERNAM A EFICIÊNCIA DE ABSORÇÃO DE FÓSFORO EM CULTIVARES DE SOJA

Andrei Renan Klein (AGRONOMIA/UTFPR-SH, andreiklein@alunos.utfpr.edu.br), Isabel Coser Pinto (AGRONOMIA/UTFPR-SH, coserpintoisabel@gmail.com), Kayo Becker (AGRONOMIA/UTFPR-SH, kayobecker@alunos.utfpr.edu.br), Rafael Niedermayer (PPGSIS/UTFPR-SH, rafaelniedermayer@hotmail.com), Raíssa Schwalbert (AGRONOMIA/UFFS-CL, raissa.schwalbert@uffs.edu.br) e Lincon Stefanello (AGRONOMIA/UTFPR-SH, lincono@utfpr.edu.br)

Área Temática: Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas

Resumo: O fósforo (P) é o terceiro nutriente mais requerido em quantidade pela soja. Nesse contexto, identificar cultivares com maior eficiência de absorção de P (EAP), associada a atributos radiculares, é fundamental para melhorar a aquisição do nutriente em condições de baixa disponibilidade. O objetivo do estudo foi investigar a eficiência de absorção de fósforo por cultivares de soja. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em sistema hidropônico. Os tratamentos foram nível baixo (10 µmol L^{-1}) e alto (100 µmol L^{-1}) de P, e cultivares de soja (BMX 50i52 IPRO, DM 66i68 IPRO, BMX 55i57 IPRO, M 5838 IPRO, BMX 59i60 IPRO, SYN 1561 IPRO, NS 6209 RR, BRS 1003 IPRO, TEC 7849 IPRO, NS 5445 IPRO, NA 5909 RG, M 6410 IPRO, BMX 68i70 IPRO, BRS 1074 IPRO, VTOP RR e TEC IRGA 6070 RR). As plantas foram avaliadas no estádio V5 quanto à massa seca da parte aérea e de raízes e à concentração de P nos tecidos, sendo calculada a eficiência de absorção de P. O comprimento e a área radiculares foram mensurados. Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). As cultivares apresentaram diferentes respostas radiculares aos níveis de P, com variações em comprimento e área radicular associadas à absorção. A cultivar DM 66i68 IPRO destacou-se em baixo P, enquanto BMX 68i70 IPRO em alto P. Entender a variabilidade genética permite uma melhor alocação dos materiais em diferentes ambientes.

Palavras-chave: Eficiência nutricional, fosfato, *Glycine max* (L.), genótipos, sistema radicular.

Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das principais culturas agrícolas do mundo, com papel estratégico na segurança alimentar e energética global. O Brasil destaca-se como o maior produtor e exportador da cultura, seguido pelos Estados Unidos e pela Argentina, com produção estimada em mais de 171,5 milhões de toneladas na safra 2024/25, correspondendo a cerca de 40% da produção mundial (CONAB, 2025). Sua relevância está associada ao elevado teor proteico dos grãos, amplamente utilizados na alimentação animal, além de sua crescente utilização na produção de biocombustíveis. Nesse contexto, a otimização do uso de recursos torna-se essencial para a sustentabilidade e o sucesso produtivo da cultura (FAO, 2024).

O fósforo (P) é um dos três macronutrientes mais exigidos pelas plantas e um dos principais fatores limitantes à produtividade em solos tropicais. A soja caracteriza-se como uma cultura de elevada demanda por esse nutriente, em função de seu alto potencial produtivo, extraindo aproximadamente 15 kg de P_2O_5 e exportando cerca de 10 a 12 kg por tonelada de grãos produzida (Oliveira Junior *et al.*, 2020). Após sua absorção, o P desempenha funções essenciais no metabolismo vegetal, atuando no armazenamento e transporte de energia por meio do ATP (adenosina trifosfato), além de integrar a estrutura de moléculas fundamentais, como os ácidos nucleicos (DNA e RNA) (Taiz *et al.*, 2017).

Os solos de regiões tropicais, como os do Brasil, caracterizam-se, em geral, por elevada acidez e baixos teores disponíveis de P (Novais and Smyth, 1999). Nesses solos altamente intemperizados, ricos em óxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al), ocorre intensa adsorção específica de fosfatos à fração mineral do solo, reduzindo a disponibilidade do nutriente e aumentando sua participação na fração não lábil (Fink *et al.*, 2016). Como consequência, a concentração de P na solução do solo permanece naturalmente baixa. Situação que é potencializada pela aplicação de fertilizantes fosfatados em superfície, com acúmulo nas camadas superficiais. Além disso, por se tratar de um recurso finito, torna-se necessário o desenvolvimento de estratégias mais eficientes de uso e aproveitamento desse nutriente pelas plantas (Pavinato *et al.*, 2024).

A eficiência de absorção de nutrientes está relacionada à capacidade da planta de adquirir e converter nutrientes em biomassa (Schwalbert *et al.*, 2026). Nesse contexto, características do sistema radicular, como comprimento total de raízes, densidade de pelos radiculares, arquitetura e produção de massa seca, desempenham papel fundamental na aquisição de P (Lynch, 2011). O maior comprimento radicular amplia a zona de depleção do nutriente no solo, enquanto os pelos radiculares aumentam a área de contato entre raiz e solo, favorecendo a absorção (Taiz *et al.*, 2017). Da mesma forma, a arquitetura radicular influencia a exploração do perfil do solo, uma vez que o ângulo de crescimento das raízes pode direcioná-las para regiões com maior disponibilidade de P, geralmente concentradas nas camadas superficiais devido ao acúmulo de resíduos vegetais (Lynch, 2011).

Entretanto, o desenvolvimento radicular em profundidade também é essencial, pois permite maior exploração do perfil do solo, favorecendo o acesso à água e ao P em camadas subsuperficiais, especialmente em condições de deficiência hídrica. Além disso, a

maiormassa seca de raízes está intimamente relacionada ao aumento do volume de solo explorado pela planta (Lynch, 2011). No caso do P, o sistema radicular assume importância ainda maior devido à baixa mobilidade desse nutriente no solo, cuja absorção ocorre predominantemente por difusão (Novais and Smyth, 1999).

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo investigar a eficiência de absorção de fósforo por cultivares de soja.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em casa de vegetação (29.7158° S, 53.7202° W, 103 m) sob condições controladas de umidade, luminosidade e temperatura em casa de vegetação, objetivando a redução da interferência de fatores ambientais externos.

O estudo conduzido testou cultivares de soja, referentes aos grupos de maturidade relativa (GMR) de 5,0 e 7,8. A estratégia apresentada foi adotada para maximizar a variabilidade genética presente no mercado brasileiro atual. O substrato utilizado para germinação das sementes foi a vermiculita, contida dentro de potes plásticos. Após a emergência, as plântulas uniformes foram lavadas em água destilada e transferidas para o sistema hidropônico, no qual permaneceram por quatro dias em aclimatização e, após este período, foram adicionados os tratamentos.

Os tratamentos consistiram em (i) duas concentrações de P: 10 µmol P L^{-1} (baixa) e 100 µmol P L^{-1} (alta), e (ii) 16 cultivares de soja (1 = BMX 50i52 IPRO; 2 = BMX 55i57 IPRO; 3 = NS 5445 IPRO; 4 = M 5838 IPRO; 5 = BMX 59i60 IPRO; 6 = VTOP RR; 7 = SYN 1561 IPRO; 8 = NS 6209 RR; 9 = NA 5909 RG; 10 = TEC IRGA 6070 RR; 11 = BRS 1003 IPRO; 12 = M 6410 IPRO; 13 = DM 66i68 IPRO; 14 = BMX 68i70 IPRO; 15 = BRS 1074 IPRO; 16 = TEC 7849 IPRO). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), contendo três repetições.

Os demais nutrientes foram fornecidos na solução nutritiva de acordo com experimentos anteriormente testados para soja em cultivos hidropônicos (Schwalbert *et al.*, 2019). Para evitar desequilíbrios iônicos, o pH foi mantido em 5,9 e a solução nutritiva foi substituída a cada cinco dias.

Quando as plantas estavam no estágio vegetativo de cinco nós - V5 (Fehr and Caviness, 1977), as plantas foram seccionadas em raiz e parte aérea. Parte das amostras foi seca em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até massa constante, pesada e posteriormente submetida à digestão sulfúrica (Tedesco *et al.*, 1995). A determinação da concentração de P foi realizada pelo método proposto por Murphy e Riley (1962).

A parte reservada do sistema radicular foi distribuída em bandeja com lâmina de água (0,5 cm) para evitar sobreposição e escaneada em scanner EPSON Expression 11000 com unidade de transparência, a 600 dpi de resolução, em escala de cinza. As imagens foram analisadas no software WinRhizo Pro 2013, obtendo-se comprimento total e área superficial total radiculares.

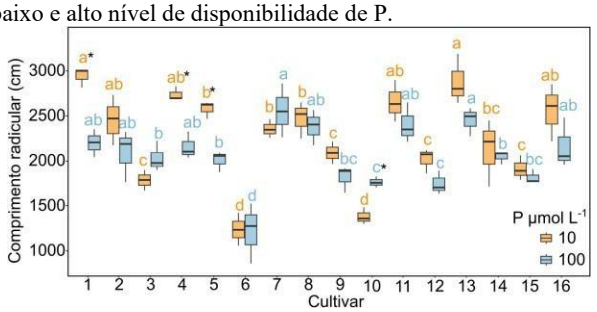
A partir dos dados obtidos no experimento foi calculada a eficiência de absorção de P (EAP): P total absorvido/Massa seca da raiz (Swiader *et al.*, 1994). Os dados foram avaliados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e, após isso, submetidos à análise de variância. Nos casos em que houve significância estatística, a comparação entre médias foi realizada pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas no ambiente estatístico R (R Core Team, 2026).

Resultados e Discussão

De maneira geral, nosso estudo identificou grande interação entre os níveis de disponibilidade de P no ambiente e as diferentes cultivares de soja (G x A). Os resultados mostram que as cultivares BMX 50i52 IPRO e DM 66i68 IPRO apresentaram maior comprimento radicular total (somatório de todas as raízes), quando em baixa disponibilidade de P, com valores próximos a 3000 cm (Figura 1). Já quando a disponibilidade de P foi alta, as cultivares que se destacaram foram as cultivares SYN 1561 IPRO e DM 66i68 IPRO, com valores próximos a 2500 cm (Figura 1). Já as cultivares BMX 50i52 IPRO, M 5838 IPRO e BMX 59i60 IPRO apresentaram maior comprimento radicular total quando em baixa disponibilidade de P, em comparação a quando estavam com alta disponibilidade de P (Figura 1).

De maneira oposta, a cultivar TEC IRGA 6070 RR teve maior crescimento radicular quando submetida à alta disponibilidade de P, em comparação à avaliação com baixa disponibilidade de P (Figura 1). Em geral, em condições de deficiência de P, as plantas promovem o alongamento do sistema radicular como mecanismo adaptativo para aumentar a exploração do solo, compensando a baixa mobilidade do nutriente e favorecendo sua aquisição (Lynch, 2011). Isso possivelmente aconteceu no estudo, com predomínio da emissão de raízes laterais, geralmente finas (menores que 2 mm) e de menor tempo de vida, mas que são responsáveis pela absorção de água e nutrientes (Taiz *et al.*, 2017).

Figura 1. Comprimento radicular (cm) de cultivares de soja sob baixo e alto nível de disponibilidade de P.



Boxplots laranjas indicam baixo nível de P. Boxplots azuis indicam alto nível de P. Letras laranjas comparam as cultivares de soja para o nível baixo de P. Letras azuis comparam as cultivares de soja para o nível alto de P. Asterisco indica diferença estatística entre os níveis de disponibilidade de P para uma mesma cultivar de soja.

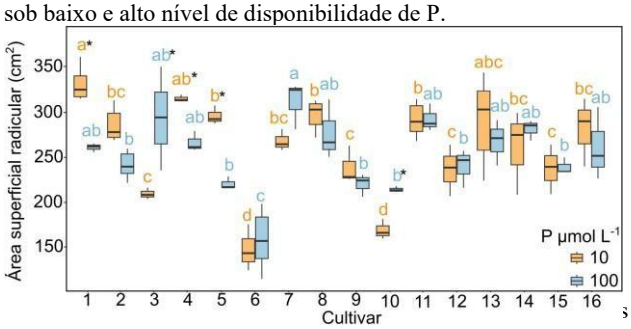
Os resultados demonstram que houve influência significativa da disponibilidade de P sobre a área superficial

radicular, com variações entre cultivares (Figura 2). Algumas cultivares apresentaram maiores valores de área superficial radicular sob baixo nível de P, enquanto outras responderam de maneira positiva à maior disponibilidade do nutriente (Figura 2). A cultivar BMX 50i52 IPRO destacou-se tendo maiores valores de área superficial radicular, em baixo nível de disponibilidade de P, com valores chegando a 330 cm² (Figura 2). Já quando em maior nível de disponibilidade de P, a cultivar SYN 1561 IPRO obteve os melhores valores médios de área superficial, do mesmo modo que as cultivares BMX 50i52 IPRO, NS 5445 IPRO, M 5838 IPRO, NS 6209 RR, BRS 1003 IPRO, DM 66i68 IPRO, BMX 68i70 IPRO e TEC 7849 IPRO (Figura 2).

Em contrapartida, a cultivar VTOP RR apresentou os menores valores de área superficial radicular, tanto em alta como em baixa disponibilidade de P. Contudo, apenas as cultivares NS 5445 IPRO e TEC IRGA 6070 RR tiveram melhores respostas em maior disponibilidade de P, enquanto as cultivares BMX 50i52 IPRO, M 5838 IPRO e BMX 59i60 IPRO obtiveram valores maiores de área radicular em baixo nível de P (Figura 2). Nesse contexto, observou-se que os agrupamentos de resposta aos níveis de disponibilidade de P tenderam a acompanhar os diferentes obtentores das tecnologias de sementes, sugerindo que as cultivares oriundas da GDM Seeds apresentam maior adaptação a ambientes com baixa disponibilidade de P.

A área superficial específica do sistema radicular é função do comprimento e do diâmetro das raízes, representando um importante indicador da interface solo-raiz (Lynch, 2011). O aumento dessa variável potencializa a exploração do solo e favorece a absorção de P, especialmente em função da baixa mobilidade do nutriente (Schwalbert *et al.*, 2023). Além disso, modificações anatômicas, como a formação de aerênquima radicular, reduzem os custos metabólicos associados à manutenção dos tecidos, permitindo maior crescimento e alcance do sistema radicular sem aumento proporcional da demanda energética da planta (Lynch, 2011). Apesar de não haver uma variável resposta mais importante atualmente que a produtividade, os programas de melhoramento genético também vêm investigando genes associados à eficiência nutricional.

Figura 2. Área superficial radicular (cm²) de cultivares de soja sob baixo e alto nível de disponibilidade de P.

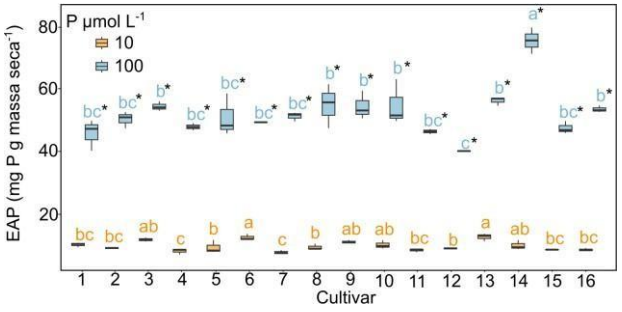


Boxplots laranjas indicam baixo nível de P. Boxplots azuis indicam alto nível de P. Letras laranjas comparam as cultivares de soja para o nível baixo de P. Letras azuis comparam as cultivares de soja para o nível alto de P. Asterisco indica diferença estatística entre os níveis de disponibilidade de P para uma mesma cultivar de soja.

Em relação à EAP, seus resultados foram fortemente influenciados pelos níveis de disponibilidade de P (Figura 3). De maneira geral, as cultivares apresentaram maiores valores de EAP sob altos níveis de P em comparação com níveis menores, evidenciando resposta positiva ao aumento da disponibilidade do nutriente (Figura 3). Sob nível alto de P houve destaque para a cultivar BMX 68i70 IPRO com o maior valor de EAP, acima de 70 mg P g massa seca^{-1} (Figura 3). Por outro lado, sob baixo nível de P, os valores de EAP foram significativamente inferiores para todas as cultivares, com médias variando aproximadamente entre 8 e 15 mg P g massa seca^{-1} (Figura 3). Já sob baixa disponibilidade de P, as cultivares VTOP RR e DM 66i68 IPRO apresentaram valores relativamente superiores aos demais nesse nível, indicando maior eficiência de absorção mesmo em condições de limitação de P (Figura 3).

A EAP representa a capacidade da planta de adquirir o nutriente do solo, sendo fortemente influenciada pelas características morfológicas e fisiológicas do sistema radicular, particularmente sob condições de baixa disponibilidade (Swiader *et al.,* 1994). Neste caso, a cultivar DM 66i68 IPRO apresenta potencial para exploração em ambientes pobres em P, pois obteve melhores resultados quando em baixo nível de P, possivelmente em função de mudanças morfofisiológicas relacionadas ao sistema radicular, como maior número de pelos radiculares, mudança do ângulo de ramificação, maior comprimento total e área superficial radicular (Lynch, 2011).

Figura 3. Eficiência de absorção de fósforo (EAP) (mg P g massa seca^{-1}) de cultivares de soja sob baixo e alto nível de disponibilidade de P.



Boxplots laranjas indicam baixo nível de P. Boxplots azuis indicam alto nível de P. Letras laranjas comparam as cultivares de soja para o nível baixo de P. Letras azuis comparam as cultivares de soja para o nível alto de P. Asterisco indica diferença estatística entre os níveis de disponibilidade de P para uma mesma cultivar de soja.

Conclusões

A partir dos resultados obtidos verificamos que as cultivares de soja avaliadas apresentam diferentes mecanismos radiculares de resposta aos níveis de P, alterando comprimento total e área superficial radiculares, para propiciar uma maior eficiência de absorção de P.

De maneira geral, a cultivar DM 66i68 IPRO se destacou em condições de baixa disponibilidade de P, indicando maior capacidade adaptativa a ambientes

restritivos, possivelmente relacionada a estratégias de exploração do solo, como maior comprimento total e área superficial radiculares.

Por outro lado, a cultivar BMX 68i70 IPRO apresentou maior eficiência de absorção de P sob alta disponibilidade de P, refletindo maior responsividade quando o nutriente não é limitante. Isso pode direcionar posicionamento para áreas de elevada fertilidade e irrigação.

Esses resultados evidenciam que a variabilidade genética entre cultivares, associada às suas características radiculares, permite a alocação mais eficiente dos materiais genéticos em ambientes com diferentes níveis de disponibilidade de P, favorecendo a seleção de cultivares mais adaptadas tanto a condições restritivas quanto a sistemas com maior oferta do nutriente.

Referências

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2024/25** – 12º levantamento. Brasília, DF: CONAB, 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **FAOSTAT: Crops and livestock products.** Rome: FAO, 2024.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977.

FINK, J. R.; INDA, A. V.; BAVARESCO, J.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; BAYER, C. Adsorption and desorption of phosphorus in subtropical soils as affected by management system and mineralogy. **Soil and Tillage Research**, v. 155, p. 62-68, 2016.

LYNCH, J. P. Root phenes for enhanced soil exploration and phosphorus acquisition: tools for future crops. **Plant Physiology**, v. 156, n. 3, p. 1041–1049, 2011.

MURPHY, J.; RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica Chimica Acta**, 27, 31–36, 1962.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 1999.

OLIVEIRA JUNIOR, A. DE;. CASTRO, C. DE.; OLIVEIRA, F. A. DE.; KLEPKER, D. **Fertilidade do solo e nutrição da soja**. *In:* SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (Ed.). Tecnologias de produção de soja. Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 133-184.

PAVINATO, P. S.; GOTZ, L. F.; TELES, A. P. B.; ARRUDA, B.; HERRERA, W. B. CHADWICK, D. R.; JONES, D. L.; WHITERS, P. J. A. Legacy soil phosphorus bioavailability in tropical and temperate soils: Implications for sustainable crop production. **Soil and Tillage Research**, v. 244, p. 106228–106228, 2024.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2026.

SCHWALBERT, R. STEFANELLO, L.; SCHWALBET, R.; GARLET, L.; DOTTO, L.; NUNES, F.; TABALDI, L.; BERGHETTI, Á.; DRESCHER, G.; BRUNETTO, G.; CIAMPITTI, I.; NICOLOSO, F. Phosphorus dynamics in soybean: partitioning, redistribution, and physiological responses under fertilized and unfertilized tropical soils. **Soil and Tillage Research**, v. 258, 107030, 2026.

SCHWALBERT, R.; STEFANELLO, L.; GARLET, L. P.; DOTTO, L.; NUNES, F; BERGHETTI, Á.; BRUNETTO, G.; NICOLOSO, F.; CIAMPITTI, I. Assessing phosphorus fractions in soil and soybean plants under contrasting nutrient levels for Alfisols and Oxisols. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 23, n. 6, e01435, 2023.

SCHWALBERT, R.; SILVA, L. O. S.; SCHWALBERT, R. A.; TAROUCO, C. P.; FERNANDES, G. S.; MARQUES, A. C. R.; COSTA, C. C.; HAMMERSCHMITT, R. K.; BRUNETTO, G.; NICOLOSO, F. T. Physiological responses of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivars to copper excess. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, n. 4, e20190121, 2019.

SWIADER, J. M., CHYAN, Y., FREIJI, F. G. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. **Journal of Plant Nutrition**, 17, 1687–1699, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEDESCO, M. J. (org.). **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, 1995.

NUTRIÇÃO MINERAL E CRESCIMENTO INICIAL DE FEIJÃO MOYASHI (*Vigna radiata L.*) EM CASA DE VEGETAÇÃO

Camila Maria Demarco (AGRONOMIA/PUCPR, camila.demarco@pucpr.edu.br), Fabiana Wisnievski (AGRONOMIA/PUCPR, fabiana.wisnievski@pucpr.edu.br), Kethlyn Karine Rodrigues dos Santos (AGRONOMIA/PUCPR, kethlyn18@outlook.com), Maria Kaefer (AGRONOMIA/PUCPR, mariackfagundes@hotmail.com), Maria Luiza Backes (AGRONOMIA/PUCPR, maria.backes@pucpr.edu.br), Raquel Miranda dos Santos (AGRONOMIA/PUCPR, raquel.miranda@pucpr.edu.br)

Área Temática: Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas

Resumo: O feijão moyashi é uma leguminosa amplamente consumida, principalmente na cultura asiática, destacando-se pelo seu elevado valor nutricional. A nutrição mineral é um dos fatores determinantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo os macronutrientes nitrogênio, fósforo, e potássio essenciais para o metabolismo vegetal. Diante da escassez de estudos relacionados à adubação dessa cultura em condições brasileiras, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento do feijão moyashi submetido a diferentes estratégias de adubação. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos e cinco repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram em: T1 - Testemunha (N, P e K); T2 - Adubação isolada com K; T3 – Adubação isolada com P; T4 – Adubação isolada com N. Foram avaliadas a altura de plantas, espessura do caule e massa seca da parte aérea. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) utilizando o software GExpDes 2.0. Os resultados indicaram que não houve diferença significativa para a espessura do caule entre os tratamentos. Entretanto, a altura de plantas e a massa seca foram influenciadas pelas adubações, destacando-se o tratamento com P e o tratamento completo (NPK). Conclui-se que a adubação influencia significativamente o desenvolvimento do feijão moyashi, especialmente no acúmulo de biomassa e altura de plantas.

Palavras-chave: Macronutrientes; Adubação fosfatada; Desenvolvimento vegetal.

Introdução

O feijão moyashi (*Vigna radiata* L.), pertencente à família Fabaceae, é uma leguminosa de elevada importância socioeconômica e nutricional, amplamente utilizado na alimentação humana, especialmente na culinária asiática. O sucesso produtivo desta cultura está intrinsicamente ligado à nutrição mineral, sendo o nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio (K) os macronutrientes que exercem os efeitos mais expressivos no seu crescimento e desenvolvimento.

O N é fundamental para a síntese de proteínas e crescimento vegetativo; o P atua no metabolismo energético e no desenvolvimento radicular, enquanto o K desempenha funções importantes na ativação enzimática e no controle osmótico da planta (EMBRAPA, 2023). A deficiência desses nutrientes pode comprometer o crescimento, a produtividade e a qualidade das plantas.

Apesar da importância desses elementos, ainda são escassos estudos sobre a adubação do feijão moyashi em condições brasileiras. Dessa forma, torna-se relevante avaliar como diferentes disponibilizações desses nutrientes influenciam o desenvolvimento da cultura.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Fazenda Experimental Retiro das Araucárias, pertencente à Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Campus Toledo. Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos e cinco repetições, totalizando 20 unidades experimentais.

Os tratamentos consistiram em: T1 - Testemunha (NPK); T2 – Adubação isolada com potássio (K); T3 – Adubação isolada com fósforo (P); e T4 – Adubação isolada com nitrogênio (N). Como fontes de nutrientes, foram utilizadas ureia (45% de N), superfosfato simples (18% de P_2O_5) e cloreto de Potássio (60% de K_2O). As doses de nutrientes foram calculadas e aplicadas visando suprir a exigência da cultura em ambiente controlado, seguindo as recomendações de adubação para o feijoeiro propostas pelo Manual de Adubação e Calagem para o estado do Paraná (SBCS/NEPAR, 2017).

O solo utilizado foi coletado na área experimental, peneirado e homogeneizado, sendo posteriormente acondicionado em vasos com capacidade de 1 L, contendo uma mistura de 70% de solo e 30% de areia. Em cada vaso foram semeadas quatro sementes de feijão moyashi (*Vigna radiata* L.). O desbaste foi realizado aos 10 dias após a emergência (DAE), mantendo-se duas plantas por unidade experimental para garantir a uniformidade do estande.

As plantas foram mantidas sob irrigação diária via manual e ambiente controlado até o início do florescimento, totalizando um período experimental de 42 dias.

Ao final do período de condução, realizou-se a avaliação da altura de plantas (AP) com o auxílio de uma régua graduada (cm), medindo-se do colo até o ápice terminal, e da espessura do caule (EC), determinada na região do colo com um paquímetro digital (mm). Para a determinação da massa seca da parte aérea (MSPA), o material vegetal foi coletado e seco em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até atingir peso constante, com posterior pesagem em balança de precisão (g).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias, quando significativas, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o software estatístico GExpDes.

Resultados e Discussão

Observa-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos para espessura de caule (Tabela 1). Esse resultado indica que, na fase inicial de desenvolvimento, o diâmetro do caule pode ser mais influenciado pelas reservas contidas nos cotilédones da semente do que pela adubação imediata no solo.

Por outro lado, a altura de plantas foi influenciada pelas estratégias de adubações, onde a aplicação isolada de P foi superior à adubação isolada com K (Tabela 1). O destaque do P ocorre por sua função essencial na síntese de ATP e no estímulo ao crescimento radicular inicial, conforme observado por Zucareli *et al.* (2006), o que permite à planta uma base mais sólida para o crescimento vertical.

Tabela 1. Resultados referentes a espessura do caule (EC), altura de planta (AP) e massa seca (MS).

Tratamentos	EC	AP	MS
1 (NPK)	2,930 a	6,61 ab	0,69 a
2 (K)	2,625 a	3,88 b	0,46 b
3 (P)	2,690 a	6,94 a	0,57 ab
4 (N)	2,580 a	5,35 ab	0,45 b
CV (%)	12,39%	27,68%	14,8%
Média	2,706	5,69	0,543

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro analisado, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Em relação à massa seca, o tratamento completo (NPK) foi estatisticamente semelhante à aplicação isolada de P e superior às aplicações com K e N, com incremento de, aproximadamente, 47% e 51%, respectivamente (Tabela 1). Esses resultados evidenciam a importância do equilíbrio nutricional para o desenvolvimento da cultura, uma vez que a ausência de nutrientes pode limitar processos fisiológicos essenciais. De acordo com Oliveira *et al.* (2009), a presença conjunta dos macronutrientes potencializa o vigor vegetativo, garantindo que o Fósforo cumpra seu papel de transferência de energia de forma mais eficiente, refletindo no maior acúmulo de biomassa.

Conclusão

A altura de plantas e a produção de massa seca da parte aérea do feijão moyashi foram influenciadas pelas diferentes estratégias de adubação, sendo que o fornecimento de NPK ou apenas de P promoveram os melhores resultados no crescimento inicial. Em contrapartida, a espessura do caule não foi afetada pelos diferentes tratamentos nutricionais no estágio de desenvolvimento avaliado.

Referências

EMBRAPA. **O que faz uma planta crescer sadia?** Brasília: Embrapa, 2023. Disponível em: https://www.embrapa.br/contando-ciencia/cultivos. Acesso em: 05 out. 2023.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. A. L.; FERREIRA, J. L.; SILVA, F. L.; OLIVEIRA, A. N. P.; SILVA, J. A. Rendimento produtivo e econômico do feijão-caupi em função de doses de potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 629-634, 2009.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS) / NÚCLEO ESTADUAL PARANÁ (NEPAR). **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017. 482 p.

SPAZIANI PEREIRA, C.; FIGUEIREDO, A. S.; SANTOS, C. M.; SOUZA, J. R. Doses de nitrogênio e níveis de irrigação em feijão mungo (*Vigna radiata* L.). **Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 23, n. 1, p. 22-28, 2019.

ZUCARELI, C.; PRANDO, A. M.; FONSECA, I. C. B.; BARBOSA, A. P.; NAKAGAWA, J. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, p. 9-15, 2006.

ESTRATÉGIAS DE APLICAÇÃO DE BORO NO DESEMPENHO PRODUTIVO DO FEIJÃO COMUM

Letícia Trentin Fallavigna (AGRONOMIA/PUCPR, leticia.fallavigna@pucpr.edu.br), Daniela Langer (AGRONOMIA/PUCPR, daniela.langer@pucpr.edu.br), Fernanda Aparecida Potratz (AGRONOMIA/PUCPR, fernanda.potratz@pucpr.edu.br), Mariana Vitória Gonçalves (AGRONOMIA/PUCPR, g.vitoria3@pucpr.edu.br), Vitória Luiza Steffens Marafon (AGRONOMIA/PUCPR, vitoria.marafon@pucpr.edu.br), Jacir Daga (DOCENTE/PUCPR, jacir.daga@pucpr.com.br)

Área Temática: Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas

Resumo: O feijoeiro comum apresenta elevada importância econômica e nutricional no Brasil, sendo amplamente cultivado em diferentes sistemas de produção. A produtividade da cultura está diretamente condicionada ao manejo adequado da nutrição mineral, que deve assegurar o fornecimento equilibrado dos nutrientes. Embora os macronutrientes sejam requeridos em maiores quantidades e, portanto, tradicionalmente priorizados no manejo, os micronutrientes, como o boro (B), desempenham funções fisiológicas essenciais, podendo atuar como fatores limitantes ao desenvolvimento vegetal mesmo em baixas concentrações. O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes formas de aplicação de B na cultura do feijão carioca (cultivar ANfc 5). O experimento foi conduzido na safra de 2024 em Vera Cruz do Oeste – PR, em delineamento de blocos casualizados (DBC) com quatro tratamentos e cinco repetições: testemunha (sem aplicação de B), aplicação no sulco de plantio (161,2 g ha^{-1} de B), aplicação foliar (107,9 g ha^{-1} de B por aplicação) e aplicação combinada (sulco + foliar), totalizando 215,8g ha^{-1} de B. Foram avaliados o peso de mil sementes e a produtividade. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$) utilizando o software GExpDes. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para a produtividade. Para o peso de mil sementes, observou-se diferença significativa, com maior valor para a aplicação foliar. Conclui-se que a aplicação foliar de B é mais eficiente para o aumento da produtividade do feijoeiro.

Palavras-chave: micronutrientes; nutrição vegetal; adubação; produtividade.

Introdução

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) constitui uma das principais culturas agrícolas do Brasil, com grande importância econômica e social, especialmente em sistemas produtivos de pequena e média escala. Sua produçãoestá diretamente associada à segurança alimentar, sendo fonte relevante de proteínas e nutrientes para a população.

Apesar da sua importância, a produtividade média nacional do feijoeiro ainda se mantém abaixo do potencial produtivo da cultura, com rendimentos em torno de 1.000 kg ha^{-1} em sistemas tradicionais enquanto sistemas tecnificados podem ultrapassar 3.000 kg ha^{-1}. Essa diferença evidencia a influência de fatores como manejo nutricional, condições edafoclimáticas e práticas agronômicas no desempenho produtivo da cultura (EMBRAPA, 2013; CONAB, 2024). Nesse sentido, a busca por estratégias que permitam maximizar o desempenho produtivo da cultura tem sido foco constante de estudos agronômicos.

A nutrição mineral das plantas é um dos fatores mais determinantes para o sucesso produtivo, influenciando diretamente processos fisiológicos como crescimento, desenvolvimento e formação de estruturas reprodutivas. Nesse contexto, os micronutrientes, embora requeridos em pequenasquantidades, desempenham funções essenciaisno metabolismo vegetal. Entre eles, o boro (B) destaca-se por atuar na formação da parede celular, manutenção da integridade das membranas e no transporte de carboidratos (Malavolta, 2006).

No âmbito fisiológico, o B está diretamente relacionado ao desenvolvimento reprodutivo das plantas, participando da germinação do grão de pólen, do crescimento do tubo polínico e do processo de fecundação; sendo, portanto, essencial para o pegamento floral e a formação de sementes (Taiz *et al*., 2017). Por conseguinte, a deficiência deste elemento pode resultar em anomalias estruturais, abortamento de flores e redução significativa na produtividade (EMBRAPA, 2013). Em situações mais severas, pode comprometer o desenvolvimento da cultura como um todo, afetando diretamente a formação de vagens e o enchimento de grãos (Taiz *et al*.,2017; Malavolta, 2006). Além dos aspectos fisiológicos, a dinâmica de B no sistema solo-planta apresenta particularidades importantes. No solo, sua disponibilidade é influenciada por fatores como textura, teor de matéria orgânica, pH e regime hídrico, podendo ocorrer perdas por lixiviação em condições de elevada precipitação (Raij, 2011). Na planta, a baixa mobilidade no floema limita sua redistribuição para tecidos jovens, o que torna o suprimento contínuo do nutriente um fator crítico (Malavolta, 2006).

Dessa forma, o manejo do Bdeve considerar nãoapenas sua aplicação, mas também a forma e o momento em que esta é realizada. Estratégias que favoreçam a disponibilidade do nutriente em estádios fenológicos críticos, especialmente na fase reprodutiva, tendem a aumentar sua eficiência agronômica.

Nesse cenário, ainda existem lacunas quantoà eficiência de diferentes estratégias de aplicação de B em condições de

campo, especialmente no que se refere à comparação entre aplicações via solo e via foliar. Além disso, fatores como dose, momento de aplicação e condições ambentais podem influenciar diretamente a eficiência do nutriente, reforçando a necessidade de estudos em condições reais de campo.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes formas de aplicação de B sobre o desempenho produtivo do feijoeiro comum.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na safra de 2024 na Comunidade Quatro Esse, município de Vera Cruz do Oeste – PR, em área com solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO, de textura muito argilosa, apresentando aproximadamente 70% de argila, comprovado com análise física do solo. O clima local é subtropical úmido (Cfa), com verões quentes e ausência de estação seca definida, conforme a classificação de Koppen (IAPAR, 2019).

Utilizou-se a cultivar de feijão carioca ANfc 5, com semeadura realizada em 14 de fevereiro de 2024 e colheita em 08 de maio de 2024. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC), composto por quatro tratamentos e cinco repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Cada parcela apresentou dimensões de 4,95 x 5,00 m, perfazendo uma área total de 24,75 m². A semeadura foi realizada com plantadeira John Deere 1111, com 11 linhas espaçadas a 0,45 m.

Os tratamentos consistiram em: T1 – Testemunha (sem aplicação de B); T2 - Aplicação de B no sulco de semeadura; T3 - Aplicação foliar; e T4 - aplicação combinada (sulco + foliar). A aplicação via solo foi realizada simultaneamente à semeadura, utilizando um sistema de aplicação de sulco (modelo Bisão 400, Pro Solus) acoplado à plantadeira. Enquanto as aplicações foliares foram realizadas com pulverizador costal nos estádios fenológicos V4 (terceiro trifólio) e R6 (florescimento pleno).

Utilizou-se como fonte de B o octaborato de sódio, com concentração aproximada de 130 g L^{-1}. As doses aplicadas foram de 0,8 L ha^{-1} nas aplicações foliares e 1,24 L ha^{-1} na aplicação via sulco de semeadura, conforme recomendação do fabricante do fertilizante. A quantidade de B efetivamente aplicada foi de 107,9 g ha^{-1} por operação, resultando em um aporte total de 215,8 g ha^{-1} no tratamento combinado (sulco + foliar) e 161,2 g ha^{-1} no tratamento via solo.

A colheita e o processamento (trilha e debulha) foram realizados manualmente, utilizando-se a área útil de 2 m² por parcela. A produtividade de grãos foi calculada a partir da massa colhida em cada unidade experimental, com os resultados expressos em kg ha^{-1}. Complementarmente, determinou-se o peso de mil sementes (PMS) através da contagem manual seguida de pesagem em balança de precisão.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software GExpDes.

Resultados e Discussão

Os resultados indicaram que não houve diferença significativa entre os tratamentos para a produtividade (Tabela 1), evidenciando que as formas de aplicação de B não influenciaram essa variável. Resultado semelhante ao observado por Silva *et al*. (2006), que também não verificaram incremento significativo na produtividade do feijoeiro com a aplicação de B.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância das variáveis avaliadas

Variável	Fc	p-valor	C.V. (%)	Significância
Produtividade	1,0173	0,4109	10,95	ns
PMS	10,581	0,0004	4,18	**

ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade; ** = significativo a 1% de probabilidade. Fonte: Os autores (2026).

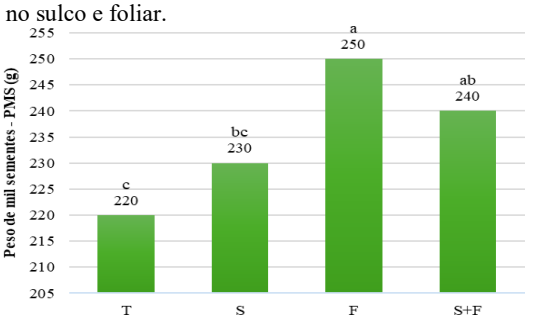
Esse resultado sugereque a resposta da cultura podenão se manifestar diretamente na produtividade total, mas sim em componentes específicos de rendimento. Tal comportamento indica queo micronutrientepode ter atuado em processos fisiológicos pontuais, ligados à formaçãoe ao desenvolvimento das sementes, sem, contudo, promover incremento significativo na produtividade.

Além disso, a ausência de resposta na produtividade pode estar relacionada à limitação de outros fatores produtivos, indicando que o B, embora essencial, não atuou como principal fator limitante da produtividade no sistema avaliado.

Entretanto, para o PMS, verificou-se diferença significativa entre os tratamentos ($p \leq 0,01$) (Tabela 1), evidenciando que o B exerceu influência direta sobre esse componente.

Observa-se que a aplicação foliar apresentou maior valor médio para o PMS, diferindo da testemunha e da aplicação via sulco de semeadura (Figura 1), demonstrando maior eficiência no fornecimento de B. Incremento em características relacionadas à formação e qualidade de sementes em função da aplicação de B também foram relatados por Fageria *et al*. (2011), que destacam a atuação desse micronutriente em processos ligados ao desenvolvimento reprodutivo das plantas.

Figura 1 - Peso de mil sementes (PMS) de feijoeiro comum em função de estratégias de aplicação de B. T: testemunha; S: aplicação no sulco; F: aplicação foliar; S+F: aplicação combinada no sulco e foliar.



Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Nesse contexto, a adubação foliar tem sido apontada como uma alternativa promissora por proporcionar absorção mais rápida e resposta mais imediata nas plantas, especialmente em situações de deficiência ou alta demanda fisiológica (Lopes, 1999; Rosolem, 1987; Fernandez; Brown, 2013).

Esse resultado está em consonância com a literatura, que aponta maior eficiência da adubação foliar para micronutrientes, especialmente em situações em que se busca resposta rápida e direcionada da planta (Lopes, 1999).

O desempenho observado evidencia que o B influenciou diretamente componentes de rendimento, mesmo sem alterar a produtividade. Esse tipo de resposta é comum para micronutrientes, que frequentemente atuam de forma mais específica em processos fisiológicos relacionados à qualidade e formação de grãos (Fageria *et al*., 2011).

A superioridade da aplicação foliar pode ser explicada pela baixa mobilidade do B no floema, característica que limita sua redistribuição para órgãos reprodutivos (Taiz *et al*., 2017). Dessa forma, aplicações realizadas em estádios fenológicos próximos ao florescimento, permitem maior disponibilidade do nutriente diretamente nos tecidos em desenvolvimento, atendendo à elevada demanda metabólica desse período (Malavolta, 2006). Esse comportamento reforça a importância do sincronismo entre o fornecimento do nutriente e a fase fenológica da cultura.

Durante a fase reprodutiva, o B exerce funções fundamentais na germinação do pólen, crescimento do tubo polínico e fecundação, processos que influenciam diretamente o pegamento floral e o enchimento de grãos (Taiz *et al*., 2017; Brown *et al*., 2002). Assim, sua adequada disponibilidade contribui para a formação de sementes mais desenvolvidas e com maior massa (Fageria *et al*., 2011). Esses resultados corroboram estudos recentes que evidenciam maior exigênciade B durante a fase reprodutiva das plantas, uma vez que sua deficiência compromete o desenvolvimento de estruturas florais, a formação de sementes e, consequentemente a produtividade (FAO, 2019), em concordância com fundamentos clássicos da nutrição mineral vegetal (Marschner, 1995).

Outro aspectorelevanterefere-se à eficiênciadas formas de aplicação. A aplicação via solo pode ser limitada por processos comoadsorção em partículas de solo e lixiviação, (Raij, 2011; Goldberg, 1997). Ademais, a aplicação foliar permite maior controle operacional sobre o momento de fornecimento do nutriente.

Além disso, a ausência de diferença significativa entre o tratamento combinado (solo + foliar) e a aplicação exclusivamente foliar indica que o incremento na dose total de B não resultou em ganho adicional na resposta da cultura. Esse resultado sugere que o fator determinantepara a resposta observada está mais relacionado ao momento de fornecimento do nutriente do que à quantidade total aplicada, reforçando o conceito de eficiência agronômica, no qual o sincronismo entre oferta do nutriente e demanda fisiológica da planta é mais relevante do que a dose isoladamente.

Portanto, os resultados reforçam que a eficiência do B está diretamente relacionada à sua disponibilidade no momento de maior demanda fisiológica, destancando a importância do manejo estratégico desse micronutriente na cultura do feijoeiro (Taiz *et al*., 2017). Dessa forma, práticas quepriorizem o fornecimentodo nutriente em fases críticas, como o florescimento e enchimento de grãos, tendem a maximizar o desempenho produtivo da cultura.

Como limitação do estudo, destaca-se a condução do experimentoem apenasuma safra e com uma únicacultivar, o que pode restringir a extrapolação dos resultados para outras condições edafoclimáticas e sistemas de produção. Por conseguinte, novos estudos são recomendados para validação dos resultados em diferentes cenários produtivos.

Conclusão

A aplicação de B não promoveu incrementos significativos na produtividade do feijoeiro comum cultivar ANfc 5 nas condições avaliadas. Entretanto, verificou-se efeito significativo sobreo PMS, evidenciando que o B atua diretamente nos componentes de rendimento, especialmente aqueles relacionados ao desenvolvimento reprodutivo da cultura.

A aplicação foliar e o tratamento combinado (solo + foliar) apresentaram resultados estatisticamente semelhantes, indicando ausência de ganho adicional com o aumento da dose total de B.

Referências

BROWN, P. H.; *et al.* Boron in plant biology. **Plant Biology**, v. 4, p. 205–223, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos:** safra 2023/24. Brasília, DF: CONAB, 2024. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras. Acesso em: 02 maio 2026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Tecnologias de produção de feijão comum**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2013.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C; JONES, C. A. **Crescimento e nutrição mineral de culturas de campo**. Brasília: Embrapa, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Soil fertility management for sustainable agriculture**. Rome: FAO, 2019.

FERNÁNDEZ, V.; BROWN, P. H. From plant surface to plant metabolism: the uncertain fate of foliar-applied nutrients. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, p. 289, 2013.

GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. **Plant and Soil**, v. 193, p. 35-48, 1997.

IAPAR. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 2019. 216 p.

LOPES, A. S. **Micronutrientes:** filosofias de aplicação e eficiência agronômica. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 1999. 70 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 649 p.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2011. 420 p.

ROSOLEM, C. A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da potassa e do Fosfato, 1987. 93 p.

SILVA, T. R. B.; SORATTO, R. P.; BISCARO, G. A.; LEMOS, L. B. Aplicação foliar de cálcio e boro em feijoeiro. **Científica**, v. 34, n. 1, p. 46-52, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

O IMPACTO DA APLICAÇÃO EM TAXA VARIÁVEL NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

Guilherme Macêdo de Medeiros (GESTÃO INTEGRADA DE AGRONEGÓCIOS/PUCPR Câmpus Toledo, g.medeiros@pucpr.edu.br), Gustavo André Canal (GESTÃO INTEGRADA DE AGRONEGÓCIOS/PUCPR Câmpus Toledo, gustavo.canal@pucpr.edu.br), Gustavo Yuho Endo (GESTÃO INTEGRADA DE AGRONEGÓCIOS/PUCPR Câmpus Toledo, gustavo.endo@pucpr.br)

Área Temática: Gestão no Agronegócio

Resumo: O agronegócio é essencial para a economia brasileira, contribuindo para a segurança alimentar, a geração de empregos e o PIB. Nesse cenário, a agricultura de precisão tem promovido avanços, especialmente com aplicação em taxa variável, que permite distribuir insumos de acordo com a necessidade específica do solo e da cultura. Nesse sentido, o objetivo do estudo foi analisar o impacto da aplicação em taxa variável na produção agrícola por meio de pesquisa bibliográfica, destacando seu funcionamento, benefícios e sua importância. Essa técnica utiliza mapas de prescrição, sensores e dados históricos e é aplicada em culturas como soja, milho, trigo e café. Entre os benefícios estão o aumento da produtividade, redução de custos e menor impacto ambiental. No entanto, sua adoção ainda é limitada pelo investimento de alto custo, falta de profissionais qualificados e problemas de conectividade nas áreas rurais.

Palavras-chave: agronegócio; agricultura de precisão; tecnologia; taxa variável.

Introdução

O agronegócio é um setor fundamental para a economia brasileira, pois garante a segurança alimentar e a geração de empregos no país. Contribui com um conjunto de atividades da produção no campo até a entrega do consumidor final, integrando toda uma cadeia produtiva, de insumos, máquinas e produção até a indústria, distribuição e comercialização (Fia Business School, 2025).

Neste contexto, o setor é de extrema relevância para a economia, representando uma parcela significativa do PIB nacional e sendo responsável pela geração de milhões de empregos. Nos últimos anos, esse setor tem se transformado por meio da adoção de tecnologias avançadas, que proporcionam maior eficiência e sustentabilidade nos processos produtivos. (Andrade, 2025).

De acordo com Pawase *et al.* (2023, p. 12), "a aplicação em taxa variável está relacionada com distribuição de insumos em zonas específicas do campo, com base nas condições do solo e nas necessidades da cultura". No entanto, para garantir que esteja ocorrendo de forma precisa, faz-se necessária a integração de análises da área previamente e com o auxílio da tecnologia de programas específicos para fazer as recomendações necessárias.

Esse processo oferece diversos "benefícios para quem investe nesse serviço, dentre eles destacam-se a racionalização do uso de insumos evitando desperdícios, aumento da eficiência promovendo um menor impacto ambiental", além de aumentar a produtividade. (Agroprecision, 2020).

Diante do contexto apresentado, o objetivo do estudo foi analisar o impacto da aplicação em taxa variável na produção agrícola por meio de pesquisa bibliográfica, destacando seu funcionamento, benefícios e sua importância.

Material e Métodos

A pesquisa bibliográfica faz parte da coleta e análise de informações já publicadas em artigos científicos, livros e outras fontes, permitindo discorrer sobre aspectos teóricos sobre o tema abordado (Cervo; Bervian; Silva, 2007).

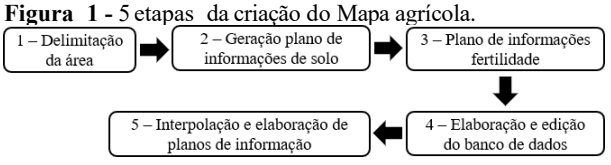
Para essa pesquisa foram analisados cerca de 11 artigos. Selecionados somente artigos referentes à agricultura de precisão integrada com diferentes tipos de aplicação de taxa variável em diferentes culturas. E como ocorre a criação dos mapas de prescrição e os equipamentos utilizados para realizar o mapeamento das áreas. E o banco de dados consultado foi o Google Acadêmico.

Resultados e Discussão

As aplicações de taxa variável são utilizadas principalmente para semeadura, uso de corretivos e fertilizantes, através de mapas agrícolas com a prescrição correta de cada ponto específico. Esses mapas podem ser criados por métodos de interpolação.

Conforme Reis (2024), são formados por um conjunto de informações, sendo eles a coleta de dados, com base em análise de solo e nos dados históricos da lavoura, e em seguida o processamento desses dados para a interpretação (Fensterseifer *et al*., 2025).

Figura 1 - 5 etapas da criação do Mapa agrícola.



Fonte: adaptado de Fensterseifer *et al*., 2025.

A partir disso, é necessário o uso de sensores para fazer o mapeamento da área e identificar as zonas de manejo. As ferramentas utilizadas nesse processo podem ser os drones,

vants e imagens dos satélites (Ribeiro; Cavichioli, 2022). Em algumas culturas o sistema de taxa variável vem sendo muito utilizado, na soja, por exemplo, foi possível analisar que a população de plantas pode variar de acordo com as características nutricionais do solo, onde as condições são mais favoráveis para o crescimento da cultura da soja, pode-se diminuir a quantidade de sementes e/ou plantas por unidade de área (Schlabitz, 2024).

Já no milho é utilizada essa técnica para identificar os atributos de solo que afetam a produtividade de grãos e gerar um modelo para recomendar a taxa de semeadura em função desses atributos, e identificar se é possível variar a população de semeadura, para maximizar a produtividade de grãos (Silva, 2020).

Na cultura do trigo uma prática importante é a aplicação de nitrogênio (N), que, com o auxílio de sensores de vegetação, analisa diferenças no desenvolvimento de plantas, que "podem ser identificadas e manejadas de forma localizada durante o ciclo de desenvolvimento da cultura. Uma metodologia viável e de uso prático para caracterizar a variabilidade espacial no acúmulo de biomassa seca e na quantidade de nitrogênio na parte aérea da cultura do trigo, baseada no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), visando o direcionamento de doses de N em cobertura em taxa variada na cultura" (Drum, 2022, p. 40-41).

A cultura do café demanda uma alta quantidade de adubação, tornando-se necessária a redução de custos. Neste sentido, se torna importante a avaliação da "distribuição espacial dos atributos químicos do solo e a geração de mapas de aplicação de fertilizantes e corretivos do solo a taxas variadas na cultura, que reduzem gastos, além de estimar a produção da cultura e a correlação entre a fertilidade e a produção" (Silva *et al*., 2022, p. 1).

As principais vantagens das aplicações em taxa variável, estão relacionadas com a eficiência e a redução de custo na produção, pois de acordo com Cazale (2023) essa técnica permite o uso racional de insumos, aumento de produtividade e a facilidade na tomada de decisão pelo acesso às principais informações da área.

Segundo Prado (2023), essa prática também permite fazer o planejamento anterior à aplicação, ou seja, pode se programar de forma antecipada a compra dos devidos insumos e o abastecimento da operação. Pois sabe-se a quantidade de produto previamente. O autor também retrata a redução dos impactos ambientais causada pelo uso excessivo de produtos químicos e melhora o manejo da lavoura, pois permite tratar cada parte da área específica com base nos fatores do solo.

No entanto, apesar dos benefícios gerados por essa prática, ainda são poucos produtores que adotam, pois, demanda um alto investimento financeiro nos equipamentos e nos *softwares* utilizados. Dessa forma, há uma limitação enfrentada para aquisição dessas soluções tecnológicas, principalmente para os pequenos e médios produtores (Abreu; Júnior, 2025).

Umas das dificuldades encontradas; também estão relacionadas à limitação de profissionais capacitados disponíveis no mercado para fazer esse serviço nas propriedades. Isso também contribui para o aumento do custo dessa operação. E outro não menos importante são os problemas de conectividade no campo, pois há áreas rurais com acesso limitado ao sinal de internet e ao GPS, prejudicando o funcionamento dos equipamentos (Nascimento; Alves, 2024).

Conclusões

A partir da análise realizada, conclui-se que a aplicação em taxa variável é uma ferramenta muito importante dentro da agricultura de precisão, que proporciona maior aproveitamento dos insumos, aumento de produtividade e redução dos impactos ambientais. Demonstrando seus benefícios e funcionamento dentro do sistema produtivo em diferentes culturas.

A aplicação da taxa variável foi observada na soja, no milho, no trigo e no café, com a aplicação da taxa variável, objetivando a melhora na eficiência e diminuir os custos. No entanto, sua utilização ainda é limitada pelo alto custo, pela necessidade de profissionais capacitados e limitações de infraestrutura e conectividade no meio rural. Contudo, apesar das dificuldades, a técnica apresenta um grande potencial para tornar a produção agrícola mais eficiente, reduzindo gastos e aumentando a rentabilidade.

As limitações do estudo estão relacionadas aos procedimentos metodológicos adotados e ao aprofundamento nas análises realizadas. Com as limitações apresentadas, surgem as sugestões de trabalhos futuros, tais como a realização de uma revisão sistemática acerca da temática em bases de dados nacionais e internacionais e, também, a realização de estudos de casos os quais possam acompanhar a aplicação da taxa variável.

Referências

ABREU, Lailson Alves de; JUNIOR, Maurício Pacheco da Silva. Dificuldades de acesso às ferramentas e tecnologia da agricultura de precisão para pequenos e médios produtores. **Revista Diálogo e Interação**, v. 19, n. 1, p. 121-144, 2025. Acesso em: 06 abr. 2026.

ANDRADE, Moises. Inovações tecnológicas no agronegócio: Impactos econômicos e jurídicos da inteligência artificial**. Revista ft,** v. 29, n. 144, 2025. Disponível em: https://revistaft.com.br/inovacoes-tecnologicas-no-agronegocio-impactos-economicos-e-juridicos-da-inteligencia-artificial/. Acesso em: 06 abr. 2026.

AGROPRECISION. **Aplicação em taxa variável auxilia na otimização dos custos da lavoura.** 2020. Disponível em: https://www.agroprecision.com.br/aplicacao-em-taxa-variavel-auxilia-na-otimizacao-dos-custos-da- lavoura/. Acesso em: 06 abr. 2026.

CAZALE, Artthur Tondelli; CAZALE, Rosiene Cristine Tondelli. Agricultura de precisão e a aplicação por taxa variável: impulsionadores da competitividade e desenvolvimento do agronegócio. *In*: SILVA, A. T.; MELLO, R. G. (Orgs.). **Ciências Agrárias**: diálogos em pesquisa, tecnologia e transformação. Rio de Janeiro: e-Publicar, 2023.

CERVO, A. M.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

DRUM, Maicon Andreo. **Adubação nitrogenada em trigo baseado no acúmulo de biomassa e nitrogênio na parte aérea e no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)**. 2022. 77 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

FENSTERSEIFER, Sandro Luciano Barreto *et al*. Viabilidade de utilização da tecnologia de taxa variável em aplicação de fertilizantes fosfatados e sulforados em área de produção de grãos em Roraima. **Journal of Education Science and Health**, v. 5, n. 2, p. 1-9, 2025.

FIA BUSINESS SCHOOL. **Agronegócio:** o que é, como funciona e setores. 2025. Disponível em: https://fia.com.br/blog/agronegocio/. Acesso em: 06 abr. 2026.

NASCIMENTO, Muriel Santi do; ALVES, Ylana Gabriely do Carmo. **Problemas enfrentados pela agricultura de precisão**, 2024. Trabalho de conclusão de curso (Curso Técnico em Agronegócio) - Etec Professor Francisco dos Santos, São Simão, 2024.

PRADO, Eduardo Vicente do. Unidades de gestão diferenciada e aplicação à taxa variável de insumos na agricultura**. Revista Gestão em Foco,** n. 15, p.61-73 2023.

PAWASE, P. P.; NALAWADE, S. M.; BHANAGE, G. B.; WALUNJ, A. A.; KADAM, P. B.; DURGUDE, A. G.; PATIL, M. R. Variable rate fertilizer application technology for nutrient management: A review. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering,** v. 16, n. 4, p. 11-19, 2023.

RIBEIRO, Gabriel Felipe Vieira; CAVICHIOLI, Fabio Alexandre. Agricultura De Precisão: uso de drones para mapeamento de áreas agrícolas**. Revista Interface Tecnológica**, v. 19, n. 2, p. 561-571, 2022.

REIS, Igor Morais dos. **Acompanhamento das atividades de agricultura de precisão em áreas de pivô no município de Sandolândia - TO**. 2019. 34 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia., Coordenação de Agronomia., Universidade Federal do Tocantins - Uft., Gurupi, 2019. Disponível em: https://repositorio.uft.edu.br/handle/11612/7178. Acesso em: 15 abr. 2026.

SILVA, Eder Eujacio. **Semeadura em taxa variável sobre a produtividade das culturas da soja e milho**. 2020. 54 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Chapadão do Sul, 2020.

SILVA, Henrique Gabriel *et al*. Análise espacial dos atributos químicos do solo e geração de mapas de aplicação de fertilizantes e corretivos na Cultura do Café. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, p. e524111234997-e524111234997, 2022. Disponível em: https://rsdjournal.org/rsd/article/view/34997/29341. Acesso em: 15 abr. 2026.

SCHLABITZ, Eduardo Klein. **Semeadura de soja em taxa variável segundo variabilidade da CTC**. 2024. 24 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Chapadão do Sul, 2024.

AGRICULTURA 5.0: INTEGRAÇÃO ENTRE TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE NO AGRONEGÓCIO

Beatriz Kuhn Galli (GESTÃO INTEGRADA DE AGRONEGÓCIO/PUCPR, biapenachini@gmail.com), Mariana de Arruda Priesnitz (GESTÃO INTEGRADA DE AGRONEGÓCIO/PUCPR, marianapriesnitz12@gmail.com)

Área Temática: Gestão no Agronegócio

Resumo: A agricultura 5.0 representa um novo marco no agronegócio, designada pela integração entre tecnologia e sustentabilidade. Em razão do crescimento do setor, alavancado por avanços tecnológicos e maior necessidade de eficiência produtiva, este estudo buscou analisar ferramentas como inteligência artificial, Internet das Coisas, sensores aéreos não tripulados contribuem para a otimização da produção agrícola.A metodologia adotada foi de caráter bibliográfico, com abordagem qualitativa e exploratória, baseada em artigos científicos publicados entre 2020 e 2025. A coleta de dados foi realizada em bases científicas digitais, como Google Acadêmico, SciELO e ResearchGate, utilizando descritores como "Agricultura 5.0", "Agricultura de precisão", "Inteligência Artificial no agronegócio" e "sustentabilidade agrícola". Foram aplicados critérios de seleção, como aderência ao tema, atualidade e relevância das informações.Os resultados indicam que a adoção destas tecnologias proporciona aumento da produtividade, redução de custos e melhor gestão de materiais. Além disso, observa-se contribuição significativa para a sustentabilidade, com redução de impactos ambientais e desperdícios. Sendo concluído que a Agricultura 5.0 é uma tendência consolidada, essencial para o desenvolvimento do agronegócio mais eficiente, tecnológico e sustentável.

Palavras-chave: automação; eficiência; produtividade.

Introdução

A agricultura é uma área que está em crescente ascensão. Segundo o Ministério da agricultura e Pecuária (2026), o Produto Interno Bruto (PIB) da agropecuária teve um crescimento em torno de 11,7% em 2025 quando comparado com o ano anterior. Totvs (2025) cita: no primeiro trimestre de 2025, o PIB do agronegócio cresceu 6,49%, impulsionado tanto pelo ramo agrícola quanto pelo pecuário.

Ainda nas pesquisas da Totvs (2025) é dito que a tendência de mercado é expandir para práticas voltadas à sustentabilidade, à eficiência, e à tecnologia. Este mesmo artigo destaca que a conectividade no campo continua sendo um dos principais pontos da digitalização agrícola, mas a migração de sistemas para a nuvem tem se edificado como uma resposta eficaz, destacando a tendência do mercado para o mundo digital. "A Agricultura 5.0 representa essa evolução, integrando inovações como IA, *Big Data*, drones, robótica e sensores, permitindo maior precisão e eficiência." (Silveira, 2024, p. 1).

A implementação de IA na agricultura de precisão tem conseguido aumentar a produtividade em até 30%, com uma redução de 20% no uso de insumos agrícolas. Isso se traduz em uma eficiência significativa na gestão de recursos e uma diminuição no desperdício. (Revista Analytica, 2022).

Silveira (2024) reforça este tema afirmando que a Agricultura 5.0 surge pós pandemia global e mudanças climáticas, sendo apresentada como uma solução sustentável diante deste desafio.

Este estudo tem como objetivo principal destacar a tendência de evolução da agricultura voltada à sustentabilidade, com ênfase na Agricultura 5.0, evidenciando como a integração das tecnologias como as inteligências artificiais, sensores e análise de dados podem contribuir para o aumento da produtividade, redução de custos de produção, redução de impactos ambientais e contribuir na gestão de propriedades.

Material e Métodos

A presente pesquisa caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica, de natureza qualitativa e exploratória. Constituída principalmente por artigos científicos, permitindo aos pesquisadores analisarem diferentes contribuições teóricas sobre o tema. Coelho (2019) enfatiza que a pesquisa exploratória busca proporcionar maior familiaridade com um problema.

A coleta de dados foi realizada por meio de buscas em bases científicas digitais, como Google Acadêmico, *SciELO* e *ResearchGate*, utilizando descritores como "Agricultura 5.0", "agricultura de precisão", "Inteligência artificial no agronegócio", "Internet das Coisas no campo" e "sustentabilidade agrícola". A seleção dos estudos ocorreu no período de março a abril de 2026, selecionando publicações entre 2020 e 2025.

Ao todo, foram selecionados 6 de artigos, os quais foram lidos, organizados e interpretados de forma crítica, na busca de tendencias, aplicações tecnológicas e impactos da Agricultura 5.0 na produtividade e sustentabilidade.

Além disso, os dados obtidos foram sistematizados e categorizados conforme os principais eixos temáticos identificados na literatura. A análise foi realizada por meio de interpretação descritiva.

Resultados e Discussão

Os estudos analisados destacam que a Agricultura 5.0 apresenta forte potencial de trazer ganhos significativos na produtividade, eficiência e sustentabilidade no agronegócio. A integração de tecnologias como IoT (Internet das Coisas, em inglês, *Internet of Things*), IA (Inteligência Artificial), sensores e drones contribui diretamente para a otimização de recursos e para o aumento da eficiência dos sistemas

produtivos. Ressalta-se que os estudos analisados foram provenientes de revistas científicas e plataformas reconhecidas, muitas delas indexadas em bases acadêmica, além de documentos técnicos da Embrapa. Na tabela 1 é representada as principais tecnologias citadas, suas funções e benefícios na agricultura.

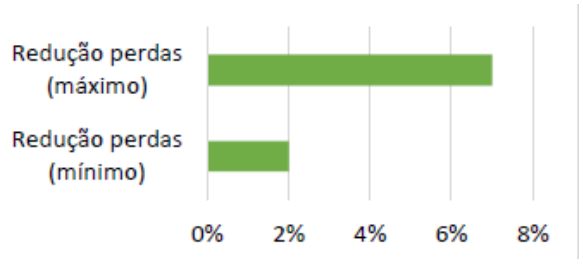
Tabela 1. Tecnologias e seus benefícios.

Tecnologia	Função principal	Benefícios
IA	Análise de dados	Tomada de decisão
IoT	Coleta de dados	Monitoramento em tempo real
Drones	Monitoramento	Redução de perdas
Sensores	Coleta ambiental	Precisão no manejo

Fonte: adaptado de Tabela da tecnologia e suas atribuições tecnológicas/ benefícios, 2026.

Com destaque, observa-se o uso de drones para uma agricultura mais sustentável. Essas tecnologias também atuam no sensoriamento remoto, permitindo o mapeamento de área, monitoramento de culturas e animais, bem como a redução de custos através de análises de dados a partir das leituras de imagens e outras fontes de informação. Segundo estudo publicado na Revista Analytica (2024), o uso de drones para pulverização proporciona a diminuição de perdas de 2 a 7% dos produtos aplicados.

Figura 1 - Gráfico demonstrativo da diminuição de perdas durante a pulverização com o uso de drones.



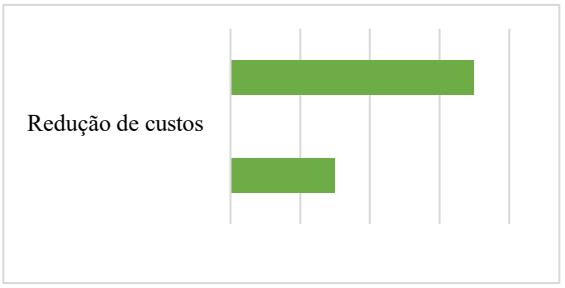
Fonte: adaptada de Revista Analytica, 2024.

Além disso, o uso de drones no monitoramento de culturas pode aumentar a eficiência da irrigação em até 30% e reduzir custos operacionais em até 70% (Xarvio, 2021). Esses resultados demonstram que a incorporação de tecnologias digitais permite uma gestão mais precisa e sustentável da produção agrícola. Na Figura 2, é possível associar de forma visual o impacto destas tecnologias no agronegócio.

De acordo com o trabalho de Santos *et al.* (2020), a agricultura de precisão contribui para a redução do desperdício e do impacto ambiental, proporcionando assim maior viabilidade econômica e fortalecendo a sustentabilidade no setor alimentar. Um dos problemas identificados é a detecção e a classificação de padrões em imagens, associados a objetos de interesse, como sintomas de doenças ou pragas.

Dados da Embrapa (2025) indicam que, em condições favoráveis para alta severidade de doenças e no caso de herbicidas de contato, os drones são utilizados para aplicação, proporcionando maior controle e diminuindo riscos de perdas por condições climáticas e aplicações em áreas indevidas.

Figura 2. Gráfico demonstrativo dos Impactos da Agricultura 5.0 no Agronegócio



Fonte: adaptado de Xarvio, 2021.

A partir desse cenário, as tecnologias de *Big Data*, *IoT*, aprendizado de máquina e outros tornam-se indispensáveis para a leitura e interpretação dos dados coletados. Ao aplicar a IA, é possível desenvolver sistemas que aprendem a partir dos dados, gerando conhecimento que facilita a resolução de problemas e a tomada de decisões. Para a simulação do comportamento humano, os dados são coletados em grandes volumes e padrões são identificados por diversos métodos, conforme discutido por Assis, Piantoni e Azevedo (2024).

A IA oferece uma série de ferramentas e técnicas que podem transformar a forma como os agricultores planejam, cultivam e gerenciam suas lavouras. Ao integrar algoritmos avançados de aprendizado de máquina, análise de dados e visão computacional, a IA tem o potencial de fornecer *insights* valiosos sobre o manejo de culturas, prever safras, detectar pragas e doenças e otimizar o uso de recursos agrícolas, como água e fertilizantes (Colnago; Oliva, 2025).

Conclusões

Diante da pesquisa realizada, conclui-se que a Agricultura 5.0 é uma tendência consolidada no agronegócio, promovendo maior produtividade, eficiência e sustentabilidade. O uso das tecnologias como IA, IoT, drones, *Big Data* e sensores remotos contribui para a melhor gestão de recursos e redução dos impactos ambientais. Desta forma, a adoção deste sistema faz-se fundamental para o desenvolvimento do sistema agrícola moderno e sustentável.

Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **PIB da agropecuária cresce 11,7% e impulsiona resultado da economia em 2025.** 2026. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/pib-da-agropecuaria-cresce-11-7-e-impulsiona-resultado-da-economia-em-2025. Acesso em: 06 abr. 2026.

OLIVA, Flávio Alberto; COLNAGO, Matheus Rodrigues. Inteligência artificial na moderna gestão do agronegócio: tendências e desafios. **Revista Alomorfia**, v. 9, n. 2, p. 497-507, 2025.

REVISTA ANALYTICA. **Agricultura de precisão: o que é e por que tem sido tão importante para a produção de alimentos?** 2023. Disponível em: https://revistaanalytica.com.br/agricultura-de-precisao-o-que-e-e-por-que-tem-sido-tao-importante-para-a-producao-de-alimentos/. Acesso em: 06 abr. 2026.

SILVEIRA JUNIOR, Danilo Fernandes da. **Agricultura 5.0: sustentabilidade e eficiência.** 2024. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Informática para Negócios) - Centro Paula Souza, São Paulo, 2024.

TOTVS. **Tendências do agronegócio: veja o que esperar do setor.** 2025. Disponível em: https://www.totvs.com/blog/gestao-agricola/tendencias-agro/. Acesso em: 17 abr. 2026.

XARVIO. **Agricultura sustentável com uso de drones**. 2024. Disponível em: https://www.xarvio.com/br/pt/noticias/agricultura-sustentavel-com-uso-de-drones.html. Acesso em: 17 abr. 2026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Uso de drones agrícolas no Brasil: da pesquisa à prática.** 2022. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1175882/uso-de-drones-agricolas-no-brasil-da-pesquisa-a-pratica. Acesso em: 17 abr. 2026.

FERREIRA, A. C. da S.; *et al.* O uso da inteligência artificial na agricultura. **ResearchGate**, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/384640098_O_USO_DA_INTELIGENCIA_ARTIFICIAL_NA_AGRICULTURA. Acesso em: 17 abr. 2026.

GOMES, J. V.; *et al.* Agricultura 4.0: uma revisão sistemática da literatura sobre tecnologias utilizadas no agronegócio brasileiro. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 12, e450721445072, 2024.

MACHADO, J. A.; *et al.* Agricultura de precisão: tecnologias e aplicações no contexto brasileiro. **Revista LabDGE,** n. 33, p. 1-15, 2024.

OLIVEIRA, R. S.; *et al*. Inteligência artificial aplicada à agricultura de precisão: uma revisão integrativa. **Interface Tecnológica,** v. 22, n. 1, p. 1-15, 2025.

SANTOS, A. C.; *et al.* Drones na agricultura: aplicações e perspectivas no Brasil. Anais do CONBREPRO, 2024. Disponível em: https://aprepro.org.br/conbrepro/anais/2024/arquivos/10282024_231019_67204627ce0a1.pdf. Acesso em: 20 abr. 2026.

BACILLUS ASSOCIADOS AO ÁCIDO INDOLBUTÍRICO NO ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE GOIABEIRA CV. TAILANDESA

Azevedo Florêncio Lucas Txacaia (Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Unioeste, azevedotxacaiahd@gmail.com), Joice Ferreira da Veiga (Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Unioeste, veigajoyce0@gmail.com), Fabíola Villa (Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Unioeste, fvilla2003@hotmail.com), Daniel Fernandes da Silva (Departamento de Biologia/Universidade Federal do Paraná, Instituto Politécnico, daniel_eafi@yahoo.com.br), Larissa Hiromi Kiahara Sackser (Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Unioeste, larissakiahara@hotmail.com), Renan Araujo Sônego (Programa de PósGraduação em Agronomia/Unioeste, renansonego@gmail.com)

Área Temática: Horticultura

Resumo: A utilização de microrganismos promotores de crescimento tem despertado interesse na propagação vegetativa de frutíferas. Objetivou-se avaliar o desenvolvimento radicular e da parte aérea de estacas de goiabeira cv. Tailandesa tratadas com produtos biológicos à base de *Bacillus* associados ao ácido indolbutírico (AIB). O experimento foi conduzido no viveiro da Unioeste, em delineamento de blocos casualizados, esquema fatorial 2 × 4 (2 espécies: *Bacillus subtilis* - BS e *Bacillus amyloliquefaciens* - BA × 4 concentrações: 0, 50, 75 e 100 mL), com três repetições e 15 estacas por parcela. Após 70 dias, avaliaram-se enraizamento, calos, número e comprimento de raízes, assim como número, comprimento e diâmetro de brotações. Os dados foram submetidos à análise de regressão. Houve interação significativa entre produto e concentração para enraizamento e calos. Para BS, o enraizamento ajustou-se a modelo quadrático, com maior percentual (72,4%) na dose de 100 mL. BA não apresentou resposta consistente. A calogênese foi superior para BS (40,83%) em relação a BA (25,83%). Sobre os parâmetros da parte aérea número de brotos, comprimento de brotos e diâmetro de brotos, não apresentaram resposta significativa aos produtos biológicos, às concentrações aplicadas. Conclui-se que a resposta é dependente do microrganismo, destacando-se *Bacillus subtilis* nos estágios iniciais do enraizamento e calogênese.

Palavras-chave: *Psidium guajava* L.; rizogênese; bactérias promotoras de crescimento; propagação vegetativa; calogênese.

Introdução

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é uma frutífera tropical de grande importância econômica e nutricional no Brasil, com produção nacional superior a 550 mil toneladas anuais (IBGE, 2025). Para a formação de pomares uniformes, a propagação por estaquia é amplamente utilizada, porém a espécie apresenta limitações fisiológicas ao enraizamento, relacionadas à baixa concentração de auxinas endógenas (Taiz; Zeiger, 2017).

O ácido indolbutírico (AIB) é comumente empregado para induzir a rizogênese em estacas de frutíferas (Santos *et al*., 2018). Recentemente, bioestimulantes microbianos à base de *Bacillus* têm sido utilizados como promotores do crescimento vegetal, por produzirem auxinas e outros metabólitos bioativos (Ganesh *et al*., 2024; Glick, 2015). Estudos demonstram o potencial desses microrganismos no enraizamento de estacas (Batista *et al*., 2018; Silva *et al*., 2020), porém são escassas as pesquisas que avaliam a associação entre AIB e diferentes espécies de *Bacillus* em concentrações variadas em estacas de goiabeira. Diante do exposto, objetivou-se avaliar o desenvolvimento radicular e da parte aérea de estacas de goiabeira cv. Tailandesa submetidas à aplicação de *Bacillus subtilis* e *Bacillus amyloliquefaciens* associados ao AIB.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no viveiro de mudas da Estação Experimental de Horticultura e Cultivo Protegido "Professor Mário César Lopes", pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Campus Marechal Cândido Rondon, PR. O clima da região é classificado como Cfa, subtropical úmido (Alvares *et al*., 2014). O experimento foi instalado em novembro de 2025, com avaliações em janeiro de 2026, em ambiente protegido do tipo estufim, coberto com plástico transparente e tela de sombreamento com 30% de retenção da radiação solar.

O enraizamento ocorreu em canteiro de alvenaria preenchido com areia lavada e esterilizada, equipado com microasperção acionada por cinco minutos a cada meia hora. Os ramos foram coletados pela manhã de plantas matrizes de goiabeira cv. Tailandesa com três anos de idade. Confeccionaram-se estacas com 12 cm de comprimento, mantendo-se um par de folhas reduzidas à metade na porção apical. Todas as estacas foram tratadas com AIB (6000 mg L^{-1}) por imersão rápida da base por 15 segundos.

O delineamento foi em blocos casualizados, esquema fatorial 2 × 4 (2 espécies de *Bacillus* × 4 concentrações: 0,

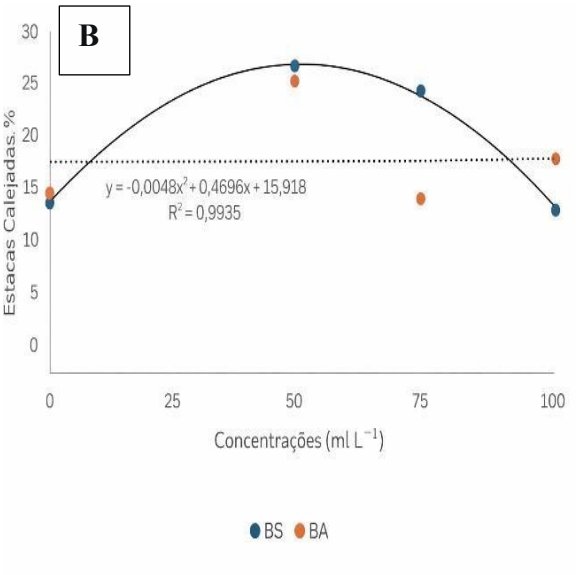
50, 75 e 100 mL), com três repetições e 15 estacas por parcela, totalizando 360 estacas. Os tratamentos consistiram em controle positivo (concentração 0 - apenas AIB) e dois produtos biológicos comerciais à base de *Bacillus amyloliquefaciens* (BA) e *Bacillus subtilis* (BS). As caldas foram aplicadas via rega diretamente sobre as estacas no canteiro.

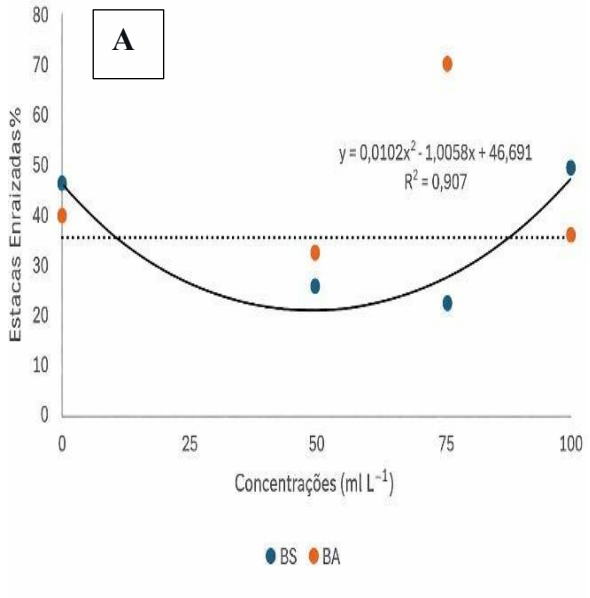
Aos 70 dias, avaliaram-se: porcentagem de estacas enraizadas, número de raízes, comprimento da maior raiz (cm), porcentagem de estacas calejadas, número de brotações, comprimento e diâmetro das brotações (cm e mm) e número de folhas. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e à ANOVA. Para dados qualitativos aplicou-se o teste de Tukey a 5%, e para dados quantitativos a análise de regressão. As análises foram realizadas no software Sisvar (Ferreira, 2019).

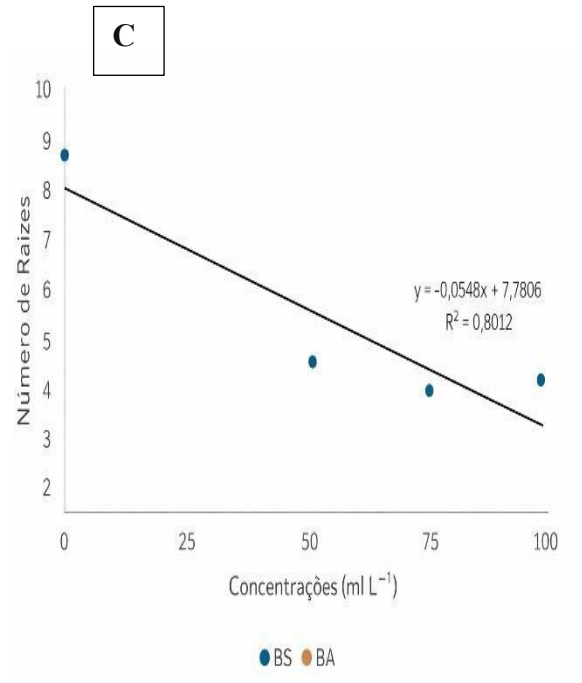
Resultados e Discussão

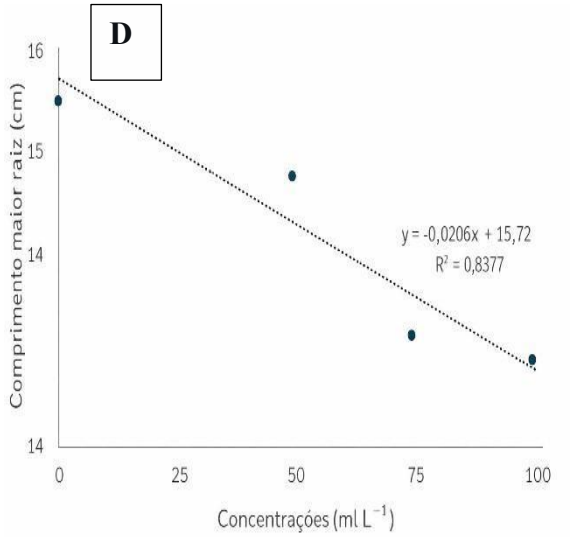
A Figura abaixo apresenta a porcentagem de estacas enraizadas da goiabeira cv. Tailandesa em função das doses dos produtos biológicos à base de *Bacillus*, associados ao ácido indolbutírico (AIB). Observa-se comportamento distinto das estacas em relação às concentrações aplicadas, evidenciando resposta dependente do produto avaliado.

Figura 1 - Porcentagem de estacas enraizadas (A), estacas calejadas (B), número de raízes (C) e comprimento da maior raiz (D) de estacas de goiabeira cv. Tailandesa, em função das concentrações de produtos biológicos à base de *Bacillus*, associados ao ácido indolbutírico (AIB).

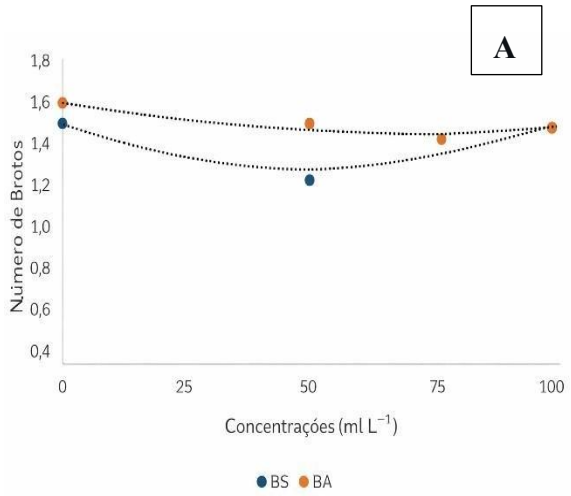






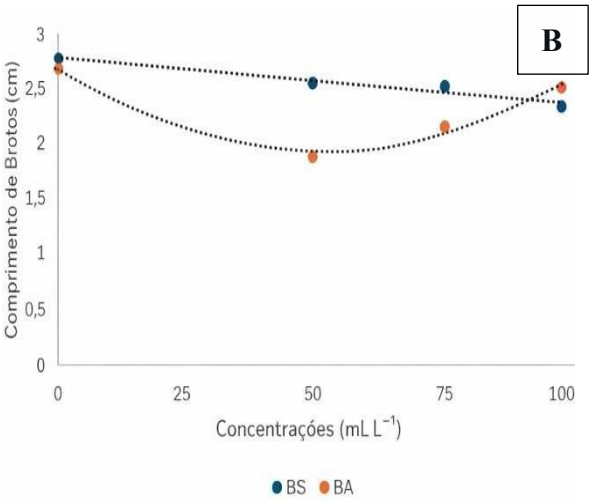


Para *Bacillus subtilis*, a porcentagem de estacas enraizadas (Figura A), apresentou comportamento quadrático, com redução nas concentrações intermediárias e incremento na maior dose (100 mL), atingindo 72,4% de enraizamento. Para *B. amyloliquefaciens*, não houve resposta significativa ao aumento da concentração. O desempenho observado com BS pode ser atribuído à capacidade desse microrganismo em produzir auxinas, principalmente o ácido indol-3-acético (AIA), que atua diretamente na indução de raízes adventícias (Ganesh *et al*., 2024; Tsavkelova *et al.,* 2024). A ausência de resposta com BA sugere que esse microrganismo apresenta menor efeito direto sobre a rizogênese, estando mais associado ao controle biológico e à promoção de crescimento em plantas já estabelecidas (Kavamura *et al*., 2019).



Quanto a calogênese (Figura B), está foi superior para BS (40,83%) em relação a BA (25,83%). Para BS, a variação das doses influenciou a formação de calos, com maiores percentuais nas concentrações intermediárias. A maior formação de calos em concentrações adequadas sugere que metabólitos produzidos por BS favorecem a proliferação celular e a reorganização tecidual na base das estacas. Concentrações mais elevadas podem causar desequilíbrio hormonal, reduzindo a eficiência do processo (Glick, 2015).

Para o número de raízes (Figura C), observou-se redução progressiva à medida que a concentração foi aumentada. No entanto, essa redução não deve ser interpretada isoladamente como prejuízo ao enraizamento, pois o número de raízes, por si só, não expressa a qualidade do sistema radicular. O comprimento da maior raiz não foi influenciado pelos tratamentos, indicando que as concentrações aplicadas não interferiram no alongamento radicular.. Para o comprimento da maior raiz (Figura D), sugere que as concentrações dos produtos biológicos associadas ao AIB não interferiram no alongamento radicular das estacas de goiabeira. Indicando que, apesar das variações observadas em outros parâmetros do processo de enraizamento, o crescimento da maior raiz manteve-se estável, possivelmente em razão da elevada variabilidade natural do crescimento radicular o que limita a detecção estatística de diferenças entre os tratamentos. Sobre os parâmetros da parte aérea número de brotos (Figura 2. A), comprimento de brotos (Figura 2. B) e diâmetro de brotos (Figura 2. C), não apresentaram resposta significativa aos produtos biológicos, às concentrações aplicadas.



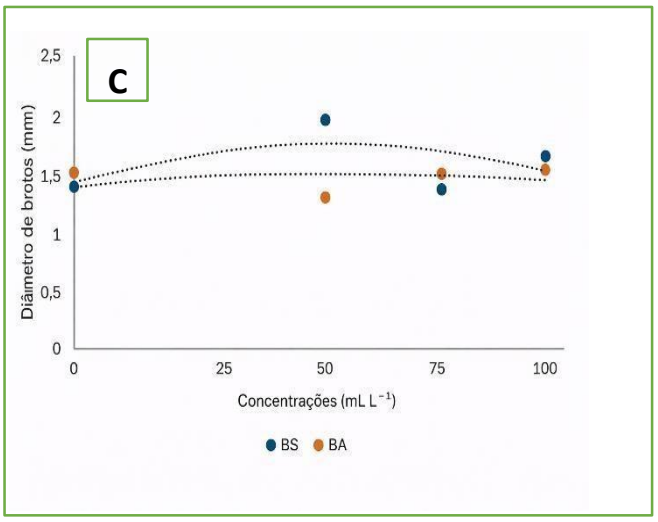


Figura 2. Número de brotos (A), comprimento de brotos (B), diâmetro de brotos (C) em estacas de goiabeira cv. Tailandesa submetidas a diferentes concentrações de bioestimulantes à base de *Bacillus subtilis* (BS) e *Bacillus amyloliquefaciens* (BA), associados ao ácido indolbutírico (AIB).

Esse comportamento indica que, nas condições avaliadas, a aplicação de microrganismos promotores de crescimento associados ao ácido indolbutírico não foi suficiente para promover alterações expressivas no crescimento aéreo inicial das estacas. Resultados semelhantes têm sido relatados na fruticultura, em que a inoculação de microrganismos promove respostas variáveis entre espécies e parâmetros analisados, podendo não resultar em incrementos significativos na parte aérea durante as fases iniciais de desenvolvimento, mesmo quando efeitos positivos são observados em outros aspectos do crescimento das plantas (Santos *et al.,* 2018).

Conclusões

Para a cultivar Tailandesa, produtos biológicos associados ao AIB influenciaram o desenvolvimento inicial das estacas, com respostas dependentes do microrganismo. *Bacillus subtilis* apresentou efeito positivo no enraizamento e na formação de calos, enquanto *Bacillus amyloliquefaciens* não mostrou efeito consistente sobre o enraizamento, mas aumentou o número de folhas.

Referências

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

BATISTA, P. F.; COSTA, R. S.; SANTOS, L. F.; OLIVEIRA, M. A. Enraizamento de estacas de frutíferas sob aplicação de bioestimulantes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 48, n. 4, p. 420-427, 2018.

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

GANESH, P. S.; KUMAR, A.; SHARMA, R. Role of auxin-producing plant growth-promoting bacteria in adventitious root formation. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 43, n. 1, p. 245-258, 2024.

GLICK, B. R. **Beneficial plant-bacterial interactions**. Cham: Springer International Publishing, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: ·https://www.ibge.gov.br. Acesso em: 7 out. 2025.

KAVAMURA, V. N.; TAKETANI, R. G.; LANÇAS, K. P.; ANDREOTE, F. D.; MELO, I. S. Plant growthpromoting bacteria: physiological mechanisms and applications in agriculture. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 136, p. 1-11, 2019.

SANTOS, J. L.; PEREIRA, R. A.; COSTA, M. R.; LIMA, F. S. Ácido indolbutírico na indução do enraizamento de estacas de frutíferas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 2, e123, 2018.

SANTOS, L. F.; ALMEIDA, T. R.; SOUZA, C. F.; OLIVEIRA, J. M. Efeito da inoculação de microrganismos promotores de crescimento em frutíferas propagadas vegetativamente. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 49, n. 4, p. 675-684, 2018.

SILVA, A. R.; GOMES, F. P.; MARTINS, L. S.; ROCHA, E. C. Bioestimulantes no enraizamento de estacas de frutíferas tropicais. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 21, n. 3, p. 112-120, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TSAVKELOVA, E. A.; KAMENSKAYA, M. A.; KHABIBULLIN, I. R.; SHARIPOVA, M. R.; SELYUTINA, O. Y. Microbial auxins and plant growth: recent advances and future perspectives. **Microbiological Research**, Jena, v. 276, p. 127-139, 2024.

BIOESTIMULANTES NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE DUAS ESPÉCIES DE FISÁLIS

Azevedo Florêncio Lucas Txacaia (Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Unioeste, Azevedotxacaiahd@gmail.com), Katriely Aline Langer Centurião (Graduação em Agronomia/Unioeste, ckatriely@gmail.com), Fabíola Villa (Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Unioeste, fvilla2003@hotmail.com), Daniel Fernandes da Silva (Departamento de Biologia/Universidade Federal do Paraná, Instituto Politécnico, daniel_eafi@yahoo.com.br), Esperança Paulo Homo (Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Unioeste, esperancahomo18@gmail.com), Glaucia Letícia Sete da Cruz (Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Unioeste, glaucialeleticia@gmail.com)

Área Temática: Horticultura

Resumo: O gênero *Physalis* (Solanaceae) tem despertado interesse comercial e nutricional, especialmente pelas espécies *Physalis peruviana* e *Physalis pubescens*, cujos frutos são ricos em vitaminas e compostos bioativos. No Brasil, o cultivo ainda é limitado, e o uso de bioestimulantes microbianos pode potencializar o crescimento dessas plantas. Objetivou-se avaliar o crescimento e desenvolvimento de duas espécies de fisális submetidas à aplicação de diferentes bioestimulantes via substrato. O experimento foi conduzido em viveiro de mudas na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2: quatro bioestimulantes (água - testemunha, *Trichoderma harzianum*, *Bacillus amyloliquefaciens* e *Bacillus subtilis*) e duas espécies de fisális (*P. peruviana* e *P. pubescens*), com quatro repetições e duas plantas por repetição (32 unidades experimentais). As variáveis analisadas foram altura de plantas, diâmetro do colo, número de folhas, largura e comprimento de folhas, número de flores e frutos. Os dados foram submetidos à ANOVA e ao teste de Tukey ($p < 0,05$). Houve interação significativa entre espécies e bioestimulantes para altura de plantas. Em *P. pubescens*, *B. subtilis* e *B. amyloliquefaciens* proporcionaram maiores alturas (48,00 cm e 48,13 cm) em relação à testemunha (39,50 cm). O número de folhas foi influenciado isoladamente pelos bioestimulantes, com destaque para *B. subtilis* (8,63 folhas). As demais variáveis não diferiram significativamente. Conclui-se que *Bacillus subtilis* aumenta o número de folhas em ambas as espécies, enquanto *B. subtilis* e *B. amyloliquefaciens* estimulam o crescimento em altura de *P. pubescens*.

Palavras-chave: *Physalis peruviana*; *Physalis pubescens*; bactérias promotoras de crescimento; *Trichoderma.*

Introdução

O gênero *Physalis* (Solanaceae) compreende espécies de importância nutricional e farmacológica, com destaque para *Physalis peruviana* e *Physalis pubescens*. Seus frutos são ricos em vitaminas A e C, carotenoides, flavonoides e compostos bioativos funcionais, sendo indicados para consumo in natura e processamento industrial (Chaves et al., 2005; Muñoz *et al*., 2021). Além disso, a planta possui propriedades antibacterianas, antipiréticas e diuréticas, com potencial auxiliar no tratamento de asma, artrite e hepatite (Muniz *et al*., 2015).

No Brasil, o cultivo do fisális ainda é incipiente, mas representa alternativa promissora para pequenos produtores devido à rusticidade da planta, baixo custo de implantação e alto valor agregado (Lima, 2010; Tonello, 2023). No entanto, há carência de informações técnicas sobre manejo, adubação e uso de insumos biológicos para a cultura no país.

Os bioestimulantes microbianos, como fungos do gênero *Trichoderma* e bactérias do gênero *Bacillus*, têm sido utilizados para promover o crescimento vegetal, aumentar a eficiência na absorção de nutrientes e reduzir a dependência de insumos químicos (Gragueda *et al*., 2012; Xie *et al*., 2014). *Bacillus subtilis* e *Bacillus amyloliquefaciens*, por exemplo, atuam na solubilização de nutrientes, fixação de nitrogênio e síntese de fitormônios, enquanto *Trichoderma harzianum* é reconhecido pelo antagonismo a patógenos (Fan *et al*., 2012; Melo, 1998). Apesar dos benefícios conhecidos em outras culturas, são raros os estudos que avaliam a aplicação de bioestimulantes microbianos em fisális, especialmente comparando diferentes espécies. Diante do exposto, o presente trabalho teve como hipótese que diferentes bioestimulantes podem ser eficientes para o crescimento e desenvolvimento de espécies de fisális. Objetivou-se avaliar o crescimento e desenvolvimento de *Physalis peruviana* e *Physalis pubescens* em função da aplicação de bioestimulantes via substrato.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no viveiro de mudas da Estação Experimental de Horticultura, Cultivo Protegido e Controle Biológico "Professor Mário César Lopes", da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), em Marechal Cândido Rondon - PR (24°33'24"S, 54°03'24"W, 420 m de altitude). O clima da região, segundo Köppen, é Cfa (subtropical úmido), com temperatura média anual entre 18°C e 22°C e precipitação pluvial média anual de 1600 a 1800 mm. O experimento foi realizado no período de maio a novembro de 2025, com semeadura em 13 de maio, transplantio em 27 de agosto e avaliações semanais realizadas de setembro a novembro, totalizando 60 dias após o transplantio.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 4 x 2, totalizando 32 unidades experimentais. O primeiro fator foi constituído por quatro bioestimulantes: testemunha (água destilada), *Trichoderma harzianum* (2,2 x 10^7 UFC mL^-1), *Bacillus amyloliquefaciens* (2,8 x 10^9 UFC mL^-1) e *Bacillus subtilis* (2,7 x 10^9 UFC mL^-1). O segundo fator foi composto por duas espécies de fisális: *Physalis peruviana* e *Physalis pubescens*. Foram utilizadas quatro repetições, sendo cada parcela experimental composta por um vaso de polipropileno preto de 8 L contendo duas plantas.

O substrato utilizado foi composto por Latossolo Vermelho Eutroférico e esterco bovino curtido na proporção 1:1 (v:v). A análise química do substrato revelou pH (CaCl2) de 6,43, teores de P (1233,5 mg dm^-3), K (1,84 cmol_c dm^-3), Ca (5,52 cmol_c dm^-3), Mg (6,48 cmol_c dm^-3) e matéria orgânica (25,52 g dm^-3), com CTC de 16,77 cmol_c dm^-3 e saturação por bases de 83%. As sementes foram extraídas de frutos secos de plantas matrizes mantidas em cultivo protegido na Unioeste. A semeadura foi realizada em sacos plásticos de polietileno preto (11 x 18 cm). As mudas foram transplantadas aos 106 dias após a semeadura, quando apresentavam aproximadamente 6 folhas e 5 cm de altura.

A aplicação dos bioestimulantes foi realizada via substrato, dez dias após o transplantio. Os produtos foram diluídos em 1 L de água destilada, na proporção de 50 mL de cada bioestimulante por tratamento, aplicando-se 90 mL da solução por vaso. As plantas foram irrigadas diariamente, manualmente, e monitoradas quanto à fitossanidade. Realizou-se controle químico com inseticida Eleitto (Acetamiprido + Etofenproxi) para controle de vaquinha. As plantas foram tutoradas com bambus de 1 m de altura e barbante, e foi realizada poda das brotações laterais do colo até cerca de 5 cm de altura.

As avaliações fitotécnicas ocorreram semanalmente, a partir de uma semana após a aplicação dos bioestimulantes, totalizando seis avaliações. As variáveis analisadas foram: altura de plantas (cm), medida com trena da base ao ápice; diâmetro do colo (mm), mensurado com paquímetro digital na base da planta; número de folhas expandidas; largura e comprimento das folhas (cm), medidos na folha completamente expandida do terço médio da planta; número de flores; número de frutos; e relação altura/diâmetro (altura dividida pelo diâmetro do colo).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e transformados para raiz quadrada de (x+1) quando necessário. A análise de variância (ANOVA) foi realizada e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

Resultados e Discussão

Para altura da planta, o desdobramento da interação (Tabela 1) mostrou que, para *P. peruviana*, não houve diferença significativa entre os bioestimulantes, com médias variando entre 42,45 cm (*B. amyloliquefaciens*) e 47,45 cm (*T. harzianum*). Para *P. pubescens*, os tratamentos com *B. subtilis* (48,00 cm) e *B. amyloliquefaciens* (48,13 cm) foram superiores à testemunha (39,50 cm), mas não diferiram entre si. O tratamento com *T. harzianum* (42,38 cm) não diferiu da testemunha.

Tabela 1 - Altura de plantas (cm) de duas espécies de fisális submetidas à aplicação de diferentes bioestimulantes via substrato. (T.H. = *T. harzianum*, B.S. = *B. subtilis* e B.A. = *B. amyloliquefaciens*).

Espécie	Água	T.H	B.S	BA.
P. peruviana	46,38aA	47,45Aa	45,83aA	42,45Ba
p. pubescens	39,50bB	42,38Bb	48,00aA	48,13aA

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais na linha não diferem pelo teste de Tukey (p <0,05).

O incremento significativo na altura de *P. pubescens* tratada com *Bacillus spp*. indica o potencial dessas bactérias como promotoras de crescimento para essa espécie. Resultado semelhante foi observado em pimentão (*Capsicum annuum*), onde a aplicação de *Bacillus spp*. resultou em maior altura em comparação ao controle (Olabiyi *et al*., 2024). Silva (2021) também verificou aumento na altura de pimentão aos 30 dias após semeadura com *B. amyloliquefaciens*. Esse efeito pode estar relacionado à capacidade dessas bactérias de sintetizar fitormônios, como auxinas e giberelinas, além de produzir espermidina, que estimula genes expansinas e reduz os

níveis de etileno, promovendo alongamento celular (XIE et al., 2014). A ausência de resposta em *P. peruviana* pode estar associada a diferenças interespecíficas na interação planta-microrganismo ou à concentração utilizada.

Quanto ao número de folhas, este foi influenciado isoladamente pelos bioestimulantes (Tabela 2). O tratamento com *B. subtilis* proporcionou a maior média (8,63 folhas), diferindo significativamente dos demais tratamentos (água: 7,81; *T. harzianum*: 8,06; *B. amyloliquefaciens*: 7,56).

Tabela 2 - Número de folhas de duas espécies de fisális submetidas à aplicação de diferentes bioestimulantes via substrato (médias das duas espécies).

Bioestimulante	Número de folhas
Água	7,81 b
T. harzianum	8,06 b
B. subtilis	8,63 a
B. amyloliquefaciens	7,56 b

Médias seguidas por letras diferentes pelo teste de Tukey (p<0,05).

O maior número de folhas proporcionado por *B. subtilis* sugere que essa bactéria estimula a atividade meristemática e a diferenciação foliar. Resultado semelhante foi encontrado em tomateiro (*Solanum lycopersicum*) por Pereira (2022), indicando que o efeito pode ser consistente em solanáceas. O aumento do número de folhas pode resultar em maior área fotossintética e, consequentemente, maior produção de fotoassimilados, favorecendo o crescimento e a produtividade.

Quanto à diferença entre espécies, elas diferiram entre si para algumas variáveis (Tabela 3). *P. peruviana* apresentou maior diâmetro de caule (12,68 mm) e maior número de flores (1,98) em relação a *P. pubescens* (10,89 mm e 1,67, respectivamente). *P. pubescens* apresentou maior relação altura/diâmetro (4,14) e maior número de frutos (1,32) em comparação a *P. peruviana* (3,64 e 1,13, respectivamente).

Tabela 3 - Diâmetro de caule, relação altura/diâmetro, número de flores e número de frutos de duas espécies de fisális submetidas à aplicação de diferentes bioestimulantes via substrato.

Variável	***P. peruviana***	***P. pubescens***
Diâmetro do caule	12,68 a	10,89 b
Relação altura/diâmetro	3,64 b	4,14 a
Número de folhas	1,98 a	1,67 b
Número de frutos	1,13 b	1,32 a

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05).

As diferenças morfológicas observadas podem ser atribuídas a características anatômicas e fisiológicas distintas. Silva *et al.* (2015) relataram que *P. peruviana* apresenta tricomas glandulares e células epidérmicas do caule mais alongadas, o que reduz a perda de água por transpiração e serve como barreira contra pragas e doenças, explicando o maior diâmetro do caule e o maior número de flores nessa espécie. Por outro lado, a maior relação altura/diâmetro em *P. pubescens* indica maior alongamento do caule, o que pode torná-la mais suscetível ao acamamento (Rufato *et al.,* 2008). O maior número de frutos em *P. pubescens* pode estar relacionado a uma maior eficiência reprodutiva ou a um menor abortamento floral sob as condições do experimento.

A falta de resposta significativa dos bioestimulantes sobre o número de flores e frutos pode ser explicada pelo período de avaliação, que ocorreu no início da fase reprodutiva. Segundo Herrera *et al.* (2011), plantas de fisális podem produzir até 6,14 kg planta^-1, indicando que o potencial produtivo é elevado, mas depende de condições adequadas de polinização e manejo. Fatores ambientais, como aumento da temperatura e precipitação durante o período experimental, podem ter influenciado negativamente a viabilidade do pólen e a fixação do pólen no estigma, resultando em abortamento floral.

Conclusões

O objetivo de avaliar o crescimento e desenvolvimento de duas espécies de fisális submetidas à aplicação de bioestimulantes foi alcançado. A hipótese de que diferentes bioestimulantes seriam eficientes foi parcialmente confirmada: *Bacillus subtilis* aumentou o número de folhas em ambas as espécies, enquanto *B. subtilis* e *B. amyloliquefaciens* estimularam a altura de *Physalis pubescens*, mas não de *P. peruviana*. A importância científica deste trabalho reside no conhecimento pioneiro sobre o uso de bioinsumos em fisális no Brasil, contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis.

Referências

CHAVES, A. C.; SCHUCH, M. W.; ERIG, A. C. Estabelecimento e multiplicação in vitro de *Physalis* peruviana L. **Revista Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1281-1287, 2005.

FAN, B.; BORRISS, R.; BLEISS, W.; WU, H. Transcriptomic profiling of *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 in response to maize root exudates. **BMC**

Microbiology, v. 12, p. 116, 2012.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 10391042, 2011.

GRAGUEDA-CABRERA, O. A.; DÍAZ-FRANCO, A.; PEÑA-CABRIALES, J. J.; VERA-MATTUTI, A.; MALAGÓN-RODRÍGUEZ, J. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. **Revista mexicana de ciencias agrícolas**, v. 3, n. 6, p. 1261-1274, 2012.

HERRERA, A. M.; CASTELLANOS, G.; FISCHER, G.; OCHOA, F. Behavior in yield and quality of 54 cape gooseberry (*Physalis peruviana L.*) accessions from northeastern Colombia. **Agronomía Colombiana**, v. 29, n. 2, p.189-196, 2011.

LIMA, C. S. M. Sistemas de tutoramento e épocas de transplante de *physalis*. **Ciência Rural**, v. 40, n. 12, p. 2472-2479, 2010.

MELO, I. S. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas: descrição e potencial de uso na agricultura. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (org.). **Ecologia Microbiana**. Jaguariúna: Embrapa, 1998. v. 1, p. 87-116.

MUNIZ, J.; MOLINA, A. R.; MUNIZ, J. *Physalis*: Panorama produtivo e econômico no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, jun. 2015.

MUÑOZ, P.; CARRASCO, B.; ÁLVAREZ, D.; FIGUEROA, C. R.; MUÑOZ, C.; GODOY, S.; MELLADO, M.; RETAMALES, J. B.; MENESES, M.; INFANTE, R. Chemical Characterization, Nutritional and Bioactive Properties of *Physalis peruviana* Fruit from High Areas of the Atacama Desert. **Foods**, Basel, v. 10, n. 11, p. 2699, 2021.

OLABIYI, T. I.; OLABIYI, T. I.; FAWOLE, O. B.; AGBELEYE, O. A.; ADEBAYO, T. A. Bio-Efficacy of *Bacillus* species in the management of root-knot nematode pest of pepper. **Asian Journal of Plant Pathology**, v. 18, n. 1, p. 29-38, 2024.

PEREIRA, E. J. **Germinação e crescimento inicial de tomate cereja comum inoculado com *Bacillus subtilis* e *Burkholderia seminalis***. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Instituto Federal Goiano, Ceres, 2022.

RUFATO, L.; RUFATO, A. R.; SCHLEMPER, C.; LIMA, C. S. M.; KRETZSCHMAR, A. A. **Aspectos técnicos da cultura da *Physalis***. Lages: CAV/UDESC; Pelotas: UFPEL, 2008. 100 p.

SILVA, D. F.; STRASSBURG, R. C.; VILLA, F. Morfoanatomia do caule de espécies do gênero *Physalis*. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 14, n. 1, p. 3845, 2015.

SILVA, V. G. **Efeito de doses e momento de aplicação de *Bacillus amyloliquefaciens* na produção de pimentão**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Agronegócio) - Faculdade de Tecnologia de Mococa, Mococa, 2021.

TONELLO, G.; LIMA, G. P. P.; CHIOMENTO, J. L. T. Perspectivas para a produção de pequenos frutos no Sul do Brasil: uma revisão narrativa. **Ciências Agrárias: limites e potencialidades em pesquisa**. São Paulo: Editora Científica Digital, 2023. v. 1, p. 110-124.

XIE, S. S.; WU, H. J.; ZANG, H. Y.; WU, L. M.; ZHU, Q. Q.; GAO, X. W. Plant Growth Promotion by SpermidineProducing *Bacillus subtilis* OKB105. **Molecular PlantMicrobe Interactions**, v. 27, n. 7, p. 655-663, 2014.

CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE JABUTICABAS (*Myrciaria spp.*) SUBMETIDAS A DIFERENTES TIPOS DE EMBALAGEM E CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

Felipe Ritter Marcante (Agronomia/PUCPR, felipe.marcante@pucpr.edu.br), Fernanda Aparecida Potratz (Agronomia/PUCPR, fernanda.potratz@pucpr.edu.br), Letícia Trentin Fallavigna (Agronomia/PUCPR, leticia.fallavigna@pucpr.edu.br) Orientador: Dra. Idiana Marina Dalastra (Agronomia/PUCPR, idiana.dalastra@pucpr.br)

Área Temática: Horticultura

Resumo: A conservação pós-colheita de frutos é um desafio constante no setor agroindustrial. No caso da jabuticaba (*Myrciaria spp.*), a elevada perecibilidade é um dos principais entraves para a comercialização in natura. Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes tipos de embalagem e condições de armazenamento sobre a conservação pós-colheita da jabuticaba (*Myrciaria spp.*), analisando a perda de massa, deterioração, firmeza e teor de sólidos solúveis (°Brix). O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), composto por quatro tratamentos e cinco repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Os tratamentos foram definidos da seguinte forma: T1 – embalagem a vácuo armazenada em geladeira (11 ± 1°C); T2 – embalagem a vácuo em temperatura ambiente (26,5 a 30°C e umidade relativa de 53 a 68%); T3 – bandeja de isopor envolta em filme plástico sob refrigeração (11 ± 1°C); e T4 – bandeja de isopor com filme plástico em temperatura ambiente. Cada embalagem foi considerada uma unidade experimental. O tratamento T1 (embalagem a vácuo sob refrigeração) apresentou os melhores resultados em termos de firmeza e manutenção da massa dos frutos, demonstrando maior eficiência na redução das perdas fisiológicas e na preservação da qualidade físico-química. Os tratamentos mantidos em temperatura ambiente (T2 e T4) apresentaram deterioração precoce, com perda de brilho, murchamento e presença de fungos, reforçando a importância da refrigeração e da atmosfera modificada.

Palavras-chave: temperatura; deterioração; refrigeração; ambiente.

Introdução

A conservação pós-colheita de frutos é um obstáculo constante de grande importância no setor agroindustrial, visto que a deterioração fisiológica e microbiológica reduz significativamente o tempo de prateleira e a qualidade sensorial, limitando o escoamento da produção. No caso da jabuticaba (*Myrciaria spp.*), fruta nativa da mata atlântica brasileira e amplamente cultivada nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, a elevada perecibilidade é um dos principais entraves para a comercialização in natura (Martins *et al*., 2021). Muitas são as causas para essa elevada perecibilidade, dentre elas o fato de que a espécie apresenta alta taxa respiratória e acúmulo de antocianinas na casca, pigmentos que sofrem degradação rápida após a colheita, resultando em escurecimento, perda de firmeza e surgimento de microrganismos (Castel *et al*., 2022).

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), os processos de respiração e transpiração são as principais causas da perda de massa e de qualidade em frutos armazenados, sendo fortemente influenciados pela temperatura e pela umidade relativa. Frente a isto, tem sido tomado nos últimos anos, estratégias voltadas a diminuir a taxa respiratórias dos alimentos, em especial para a jabuticaba (*Myrciaria spp.*).

O uso de embalagens e refrigeração tem se mostrado uma estratégia eficiente para reduzir esses efeitos, ao limitar a troca gasosa e a perda de água (Vieites *et al*., 2011). Nesse sentido, a embalagem a vácuo e o filme plástico esticável (PVC) são amplamente utilizados por criarem uma atmosfera modificada, livre de gases que possibilitam a respiração pelas células do fruto, como o oxigênio, que retarda o amadurecimento e o desenvolvimento de fungos, que por sua vez utilizariam de moléculas menores, como aminoácidos, ácidos graxos e açúcares , provenientes da quebra de macro moléculas no processo de respiração, servindo assim de alimento para esses seres (Danner, 2011).

Brackmann *et al*. (2011) reforçam que o armazenamento refrigerado é essencial para a manutenção da firmeza e do valor comercial dos frutos, pois reduz a taxa metabólica e conserva as características sensoriais. Em complemento, Cordenunsi *et al*. (2003) destacam que a alteração na textura e a degradação da membrana plasmática são efeitos inevitáveis da senescência, mas que podem ser retardados com o uso de temperaturas controladas e embalagens adequadas. Dessa forma, compreender o comportamento pós-colheita da jabuticaba sob diferentes condições de armazenamento é fundamental para o desenvolvimento de práticas que ampliem sua vida útil e qualidade comercial.

Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes tipos de embalagem e condições de armazenamento sobre a conservação pós-colheita da jabuticaba (*Myrciaria spp.*), analisando a perda de massa, deterioração, firmeza e teor de sólidos solúveis (°Brix), a

fim de identificar a melhor estratégia para prolongar a vida útil dos frutos.

Material e Métodos

As jabuticabas (*Myrciaria spp.*) foram colhidas no dia 1º de outubro de 2025, em uma propriedade localizada no distrito de Palmitolândia, sob as coordenadas 24°37'57.7" S e 53°33'04.4" W, no município de Toledo – PR. Os frutos foram colhidos no estádio de maturação completo e, posteriormente, selecionados visualmente, sendo descartados aqueles com lesões, danos mecânicos ou presença de pragas e doenças, garantindo a uniformidade das amostras.

Após a seleção, as jabuticabas foram higienizadas em água corrente e separadas em amostras de 100 g, que foram destinadas aos diferentes tratamentos. As etapas de armazenamento e análise foram realizadas no Laboratório da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) – Campus Toledo, em ambiente controlado.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), composto por quatro tratamentos e cinco repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Os tratamentos foram definidos da seguinte forma: T1 – embalagem a vácuo armazenada em geladeira (11 ± 1°C); T2 – embalagem a vácuo em temperatura ambiente (26,5 a 30°C e umidade relativa de 53 a 68%); T3 – bandeja de isopor envolta em filme plástico sob refrigeração (11 ± 1°C); e T4 – bandeja de isopor com filme plástico em temperatura ambiente. Cada embalagem foi considerada uma unidade experimental.

Foram realizadas duas avaliações, a primeira no dia 6 de outubro e a última no dia 9 de outubro de 2025, quando se encerrou o experimento devido à deterioração avançada dos frutos, especialmente nos tratamentos mantidos em temperatura ambiente, os quais apresentaram presença de fungos e perda acentuada de firmeza.

A perda de massa fresca foi determinada conforme metodologia proposta por Gorris *et al*. (1992), obtida pela diferença percentual entre o peso inicial e final das amostras. A aparência e firmeza dos frutos foram avaliadas por três integrantes do grupo, utilizando escala adaptada de Brackmann *et al*. (2011), variando de 0 a 3 (0 = nulo, 1 = baixo, 2 = médio e 3 = alto).

A análise de sólidos solúveis totais (°Brix) foi realizada com o auxílio de um refratômetro digital, segundo metodologia descrita por Chitarra e Chitarra (2005). A deterioração dos frutos foi avaliada com base na mesma escala de notas que a perda de massa fresca (0 a 3), levando em consideração murchamento, escurecimento e presença de fungos visíveis.

Os resultados foram submetidos à análise estatística por meio de análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software GExpDes 2.0, conforme metodologia descrita por Magara (2024).

Resultados e Discussão

Tabela 1 - Resultados de ºBrix, massa, firmeza e deterioração, de amostras de jabuticaba, obtidos sob os diferentes tratamentos após tempos de armanezamento. Toledo, 2025.

Trat.	◦Brix	Massa (g)	Firmeza	Deterioração
T1	15,42^{ns}	98 a	2,74 a	0,54 a
T2	13,82	96 a	2,54 a	1,56 b
T3	18,22	88 b	1,82 b	0,90 a
T4	16,90	78 c	0,86 c	2,30 c
CV%	15,68	4,48	7,58	26,44

Os resultados obtidos evidenciaram que houve diferença significativa entre os tratamentos quanto à deterioração, firmeza e à perda de massa fresca, enquanto o teor de sólidos solúveis (°Brix) não apresentou diferença estatística a 5% de probabilidade.

Para o teor de sólidos solúveis (°Brix), observou-se valor de p = 0,0718, indicando ausência de diferença significativa entre os tratamentos. Apesar disso, o tratamento T3 (bandeja refrigerada) apresentou a maior média (18,22 °Brix), seguido de T4 (bandeja em temperatura ambiente) com 16,90 °Brix, T1 (vácuo refrigerado) com 15,42 °Brix e T2 (vácuo em temperatura ambiente) com 13,82 °Brix. Esses resultados sugerem que a refrigeração auxilia na manutenção dos açúcares dos frutos, reduzindo a taxa respiratória e o consumo de substratos energéticos. De acordo com Brackmann *et al*. (2011), temperaturas reduzidas diminuem a atividade metabólica e retardam a degradação de açúcares, favorecendo a conservação do sabor e do valor comercial da jabuticaba. A firmeza apresentou efeito altamente significativo ($p < 0,001$), sendo o parâmetro mais sensível às condições de armazenamento. O tratamento T1 (vácuo refrigerado) apresentou maior firmeza média (2,74), seguido de T2 (vácuo temperatura ambiente) (2,54), T3 (bandeja refrigerada) (1,82) e T4 (bandeja em temperatura ambiente) (0,86).

Figura 1 - T1 amostras de jabuticaba utilizadas nas análises de ºBrix, massa, firmeza e deterioração obtidos sob os diferentes tratamentos após o tempo de estudo. Toledo 2025.



Figura 2 - T2 amostras de jabuticaba utilizadas nas análises de ºBrix, massa, firmeza e deterioração obtidos sob os diferentes tratamentos após o tempo de estudo. Toledo 2025.



Figura 3 - T3 amostras de jabuticaba utilizadas nas análises de ºBrix, massa, firmeza e deterioração obtidos sob os diferentes tratamentos após o tempo de estudo. Toledo 2025.



Figura 4 - T4 amostras de jabuticaba utilizadas nas análises de ºBrix, massa, firmeza e deterioração obtidos sob os diferentes tratamentos após o tempo de estudo. Toledo 2025.



Essa tendência confirma que o uso do vácuo associado à refrigeração é o método mais eficaz para retardar o amolecimento dos tecidos, por reduzir a respiração e a degradação das pectinas da parede celular.

Segundo Machado *et al*. (2007), a firmeza é um dos primeiros atributos a serem perdidos durante a senescência, sendo fortemente afetada por variações de temperatura e trocas gasosas. Resultados semelhantes foram relatados por

Pessoa *et al*. (2010), que verificaram maior preservação da textura em jabuticabas armazenadas sob refrigeração e em embalagens que limitam a entrada de oxigênio.

Em relação à perda de massa fresca, observou-se diferença significativa ($p < 0,001$), com T1 (98 g) e T2 (96 g) mantendo maior peso em comparação a T3 (88 g) e T4 (78 g).

Essa diferença está diretamente relacionada à taxa de transpiração e à perda de água dos frutos, que é intensificada em temperaturas elevadas. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), a perda de massa é resultado da transpiração e respiração, processos fisiológicos que consomem água e substâncias orgânicas, sendo minimizados em condições de baixa temperatura e alta umidade relativa.

Em relação a deterioração, os resultados se mostraram favoráveis aos tratamentos T1 (0,54) e T3 (0,90) onde ambos estavam submetidos a temperaturas baixas. Isto ocorre devido a baixa taxa respiratória e a baixa deterioração por patógenos, que baixas temperaturas podem garantir. Um resultado muito similar foi obtido por Henrique *et al.* (2015), onde, submetidos frutos de jabuticaba, a temperatura de 5ºC, foi possível manter armazenados até 12 dias sem grandes deteriorações.

Além disso, Denner *et al*. (2011) destacam que o armazenamento sob atmosfera modificada ou a vácuo reduz as trocas gasosas e a perda de umidade, prolongando a vida útil e a qualidade dos frutos. Brunini *et al*. (2004) também observaram que a refrigeração é essencial para a manutenção da integridade estrutural da jabuticaba, uma vez que retarda o aparecimento de fungos e o escurecimento da casca. Já Vieites *et al*, (2011) verificaram que o uso de embalagens seladas e o controle de temperatura são estratégias eficazes para reduzir as perdas pós-colheita em jabuticabas, resultados que corroboram os obtidos no presente trabalho.

De modo geral, a combinação de embalagem a vácuo e refrigeração (T1) mostrou-se a mais eficiente para preservar a qualidade pós-colheita da jabuticaba, apresentando maior firmeza e menor perda de massa, além de manter aparência e sabor satisfatórios durante o período de armazenamento. Os tratamentos em temperatura ambiente (T2 e T4), por outro lado, apresentaram rápida deterioração e presença de fungos a partir do sexto dia, confirmando o efeito negativo do calor sobre a estabilidade e a vida útil dos frutos.

Esses resultados demonstram que a associação entre baixa temperatura e atmosfera modificada atua de forma sinérgica, reduzindo a atividade enzimática e microbiana e retardando a senescência dos frutos, conforme relatado por Brackmann *et al*. (2011) e Cordenunsi *et al*. (2003). Portanto, o emprego de tecnologias simples como o uso de embalagens a vácuo e refrigeração representa uma alternativa viável para pequenos produtores e agroindústrias que desejam prolongar o tempo de prateleira da jabuticaba sem comprometer sua qualidade sensorial e nutricional.

Conclusão

A conservação pós-colheita da jabuticaba foi significativamente influenciada pelas condições de armazenamento e tipo de embalagem. O tratamento T1 (embalagem a vácuo sob refrigeração) apresentou os melhores resultados em termos de firmeza e manutenção da massa dos frutos, demonstrando maior eficiência na redução das perdas fisiológicas e na preservação da qualidade físico-química.

Referências

BRACKMANN, A.; ANESE, R. O.; PINTO, J. A. V.; FRANCO, J. A. M. Efeito da temperatura e da atmosfera controlada na conservação pós-colheita de jabuticabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p.1222-1228, dez. 2011. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000400025. Acesso em: 16 out. 2025.

BRACKMANN, A.; NEUWALD, D. A.; GASPERIN, A. R. **Armazenamento de frutas e hortaliças sob atmosfera controlada e modificada**. Pelotas: Editora Universitária UFPel, 2011. 182 p.

BRUNINI, M. A.; MACEDO, W. R.; NAGAI, V. Qualidade e conservação pós-colheita de jabuticabas armazenadas sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 516519, set. 2004.

CASTEL A. P. D; *et al.* Water sorption isotherms on lyophilized jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) peel: potential byproduct for the production of dehydrated foods. **J Food Sci Technol**., v. 60 ed. 1 p. 419-428. 28 nov. 2022 DOI: 10.1007/s13197-022-05628-5. Acesso em: 01 maio 2026.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CORDENUNSI, B. R.; NASCIMENTO, J. R. O.; LAJOLO, F. M. Physico-chemical changes related to quality of five Brazilian genotypes of papaya fruit during

ripening. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 217-222, abr./jun. 2003.

DENNER M. A.; *et al.* Armazenamento a vácuo prolonga a viabilidade de sementes de jabuticabeira Storage in vacuum enhance seed viability of jabuticaba tree. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 33, n.1, p.246-252, mar. 2011. Disponível em: https://doaj.org/article/d42e1b7b5ca5479eb42241bfa6dea d08?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 01 maio 2026

GORRIS, L. G. M.; PEPPELENBOS, H. W.; VOS, P. G. Modified atmosphere and vacuum packaging to extend the shelf life of fruits and vegetables. **Postharvest News and Information**, Oxford, v. 3, n. 3, p. 223-229, 1992.

MACHADO, F. L. C.; MENEZES, J. B.; MAIA, G. A. Influência da temperatura e da embalagem no armazenamento da jabuticaba. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1218-1223, ago. 2007.

MAGARA, F.; BOURY-JAMOT, B. *About statistical significance, and the lack thereof*. **Laboratory Animals**, v. 58, n. 2, p.101–104, ago. 2024. DOI: https://doi.org/10.1177/00236772241248509. Acesso em: 01 maio 2026.

MARTINS, A.B.N.; *et al*. Chemical Microbiological and Sensory Stability of steam stracted Jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba).* Juice. **Foods,** Rio de Janeiro, v.10, n. 732, p.1-13, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/foods10040732. Acesso em: 01 maio 2026

VIEITES, R. L.; *et al*. Caracterização físico-química, bioquímica e funcional da jabuticaba armazenada sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Botucatu, v. 33, n. 2, p. 362-375, jun. 2011. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S0100

EFICIÊNCIA DE DIFERENTES PRODUTOS DE HIGIENIZAÇÃO NA CONSERVAÇÃO DA QUALIDADE PÓS- COLHEITA DE PITANGAS

Camila M. Demarco (AGRONOMIA/PUCPR, Camila.demarco@pucpr.edu.br), Fabiana Wvisnieski (AGRONOMIA/PUCPR, (Fabiana.wisnievski@pucpr.edu.br), Idiana Marina Dalastra (Orientadora, idiana.dalastra@pucpr.br), Kethlyn Karine Rodrigues dos Santos (Agronomia/PUCPR, kethlyn18@outlook.com) , Maria Kaefer (AGRONOMIA/PUCPR, (Mariackfagundes@hotmail.com), Maria Luiza Backes AGRONOMIA/PUCPR, (maria.backes@pucpr.edu.br),

Área Temática: Horticultura.

Resumo: A pitanga (*Eugenia uniflora*) é uma fruta nativa da Mata Atlântica, com altura variando de 2 a 12 metros. Seus frutos têm um aroma adocicado e com coloração que vai do verde claro ao vermelho vibrante quando maduros. Com o aumento da demanda por produtos frescos, surgem desafios relacionados à microbiologia que podem comprometer a vida útil das pitangas, sendo que a conservação pós-colheita é crucial para minimizar processos que afetam a qualidade. Este estudo investiga a eficácia de diferentes métodos de higienização nas pitangas, utilizando hipoclorito de sódio, vinagre, bicarbonato de sódio avaliando seu impacto na qualidade e durabilidade dos frutos. As pitangas foram colhidas em Ouro Verde do Oeste e transportadas para o laboratório da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Campus Toledo, região oeste do Paraná, localizada nas coordenadas geográficas 24° 43’ 13’’ S, 53° 47’ 04’’W. Após a higienização, os frutos foram armazenados em condições controladas. O experimento foi conduzido entre os dias 14 e 25 de outubro de 2024, com delineamento inteiramente casualizado (DIC), envolvendo quatro tratamentos com cinco repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro utilizando o software GExpDes. Os resultados indicaram que tanto o hipoclorito de sódio quanto o bicarbonato de sódio obtiveram maior eficácia na redução de patógenos em comparação ao vinagre. Contudo, o uso do bicarbonato ocasionou maior perda de massa fresca, destacando o hipoclorito de sódio como a alternativa mais equilibrada para a higienização e conservação pós-colheita.

Palavras-chave: *Eugenia uniflora*; sanidade; armazenamento refrigerado.

Introdução

A pitanga (*Eugenia uniflora* L.) é uma fruta nativa da Mata Atlântica. Trata-se de uma árvore de porte arbustivo ou arbóreo, com altura variando de 2 a 12 metros. Sua floração pode ocorrer até duas vezes ao ano, variando conforme o local de plantio, sendo uma espécie amplamente difundida em todo o território brasileiro. Seus frutos, que apresentam um aroma adocicado, são caracterizados como bagas globosas, com coloração verde-claro quando imaturas, atingindo tonalidades de vermelho vibrante a preto após a maturação (Bezerra *et al*., 2021).

De acordo com Sanches *et al*. (2017), assim como muitas frutíferas nativas brasileiras, a pitanga ainda não possui um cultivo comercial estruturado e não é amplamente explorada em larga escala. Seu cultivo ocorre principalmente em pequenas propriedades rurais e sistemas de agricultura familiar, onde os produtores a cultivam de forma tradicional e sustentável, muitas vezes sem o uso de insumos químicos.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2021) destaca que o crescimento do mercado de consumo de produtos frescos e minimamente processados aumentou os problemas de origem microbiológica, devido à presença de microrganismos de alteração que reduzem a vida útil dos frutos. A principal forma de consumo da pitanga é *in natura*, mas ela também é encontrada processada na forma de doces, polpas, licores e polpas congeladas (Patro, 2020).

O controle da qualidade pós-colheita visa minimizar os processos de deterioração dos frutos por meio de condições adequadas que reduzem as taxas metabólicas sem comprometer a fisiologia das frutas. Essa abordagem é crucial para frutas altamente perecíveis como a pitanga, que são suscetíveis a mudanças rápidas (Santos *et al*., 2003). Na pós-colheita, os frutos apresentam baixa durabilidade e são frágeis ao toque, durando cerca de 2 a 3 dias em temperatura ambiente e até uma semana sob refrigeração (Santos *et al.,* 2006). Assim, a busca pelo aumento de sua vida útil é um desafio para produtores e comerciantes.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo comparar diferentes agentes de higienização na pós-colheita de pitangas para analisar sua influência na manutenção da qualidade e durabilidade dos frutos.

Material e Métodos

As pitangas foram colhidas manualmente no estádio de maturação comercial no município de Ouro Verde do Oeste. Os frutos coletados foram acondicionados em caixas térmicas contendo gelo e transportados até o laboratório da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Campus Toledo, região oeste do Paraná, localizada nas coordenadas geográficas 24° 43' 13'' S, 53° 47' 04'' W. As pitangas foram selecionadas quanto à incidência de injúrias mecânicas e/ou frutos acometidos por pragas e doenças, e foram deixados apenas frutos intactos para o experimento.

Para o experimento, foram selecionadas 40 pitangas para cada tratamento, variando entre elas o nível de maturação. As pitangas foram divididas em cinco repetições e submetidas aos seguintes tratamentos por um periodo de 15 minutos: T1 (testemunha), com frutos higienizados apenas com água corrente; T2, com frutos higienizados em solução de hipoclorito de sódio a 2%, diluída na proporção de 20ml para cada litro de água; T3, com vinagre branco a 5%, diluído na proporção de 50 ml para cada litro de água; e T4, com bicarbonato de sódio a 1,5%, diluído na proporção de 15g por litro de água, em seguida todos os tratamentos foram enxaguados em água corrente.

Posteriormente os frutos foram armazenados em ambiente controlado, com temperatura entre 5°C e 8°C e umidade relativa de 80% a 90%, por um período de 12 dias. A avaliação da massa fresca foi realizada por meio da pesagem dos frutos em uma balança semi-analítica digital com precisão de 0,01 g. A massa inicial foi medida no dia zero, antes da aplicação dos tratamentos, e a massa final foi registrada ao final do 12º dia, a perda de massa foi obtida pela diferença entre as mesmas. Além disso, foi realizada uma avaliação visual do controle de qualidade, identificando frutos que indicaram sinais de ataque por bactérias e fungos, e foram contabilizados apenas os frutos que continuaram intactos, no qual apresentavam apenas uma leve desidratação, devido ao período de armazenamento, ambos os dados foram expressos em porcentagem.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com o objetivo de avaliar diferentes métodos de higienização das pitangas. Foram realizados quatro tratamentos, com cinco repetições cada, totalizando 20 unidades experimentais. Os dados obtidos após as avaliações foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e em seguida as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p<0,05$), através do software GExpDes.

Resultados e Discussão

De acordo com os dados obtidos neste experimento, apresentados na Tabela 1, os tratamentos mostraram diferenças significativas nos frutos quando higienizados com diferentes produtos.

Tabela 1 - Eficiência de controle de patógenos e perda de massa fresca em pitangas submetidas a diferentes agentes de higienização e armazenadas sob refrigeração por 12 dias.

Tratamentos	Eficiência de controle de patógenos(média)	Perca de massa fresca(média)
NaClO	40,0% a	20,65% b
$NaHCO_3$	37,5% a	29,50% a
CH3CO	15,00% b	22,48% ab
Testemunha	32,5% ab	20,84% b
CV (%)	**38.47 %**	**19,3 %**

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si, segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O vinagre ($CH3COOH$) apresentou resultados inferiores nos dois parâmetros avaliados, resultados que corroboram os achados de Azevedo (2016). Em testes com diferentes sanitizantes em *Lactuca sativa* L. armazenada, Azevedo observou que o uso do vinagre favoreceu o desenvolvimento de coliformes termotolerantes durante o período de refrigeração, evidenciando as limitações desse composto como agente sanitizante.

No estudo realizado por Adami e Dutra (2011), foi testada a concentrações de vinagre de 125 mL por litro de água com 15 minutos de exposição. Os resultados indicaram que, mesmo com essa dosagem elevada, o vinagre não apresentou eficácia significativa na redução de microrganismos nas amostras. Esses achados são consistentes com os resultados do presente experimento, que utilizou uma concentração ainda menor, de 50 mL por litro de água, também com 15 minutos de exposição. A falta de controle eficaz dos microrganismos em ambas as situações ressalta as limitações do vinagre como agente sanitizante nessas condições.

Por outro lado, o bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) mostrou-se altamente eficiente no controle de patógenos, mas provocou uma perda maior de massa fresca em comparação com outros tratamentos. Esse efeito é atribuído à presença de sódio, que facilita a desidratação osmótica: os íons de sódio intensificam o gradiente osmótico, acelerando a saída de água das células da fruta para o meio externo. No entanto, a perda de água pode afetar a textura e o peso final, fatores importantes a serem considerados ao optar pelo

bicarbonato de sódio para a higienização de frutas e verduras.

Segundo Sanches *et al*. (2017), a perda de massa fresca ocorre devido à desidratação dos frutos ao longo do tempo, causada pelo déficit de pressão de vapor entre os tecidos internos das frutas e o ambiente externo. Além disso, a massa pode ser impactada pelos danos causados por patógenos. No estudo de Azevedo (2016), foi constatado que todos os tratamentos resultaram no desenvolvimento de patógenos após 7 dias de armazenamento. De forma semelhante, no presente trabalho também se identificou o crescimento de patógenos ao longo do período de armazenamento de 12 dias. No entanto, ao utilizar hipoclorito de sódio e bicarbonato de sódio, observou-se uma redução na carga patogênica, com diminuições de 40% e 37,5%, respectivamente.

A variação nos ácidos orgânicos durante o armazenamento do fruto, conforme apontado por Chitarra e Chitarra (2005), reflete aspectos essenciais dos processos bioquímicos envolvidos no amadurecimento. A respiração, além de ser uma atividade metabólica fundamental, provoca alterações na composição do fruto, influenciando diretamente características sensoriais como sabor e textura. Nesse contexto, a refrigeração desempenha um papel crucial ao reduzir a taxa respiratória, diminuindo a velocidade de consumo dos ácidos orgânicos e retardando o amadurecimento e a senescência do fruto. Dessa forma, a qualidade do fruto é preservada por mais tempo, mantendo sua acidez e firmeza. O armazenamento refrigerado, portanto, é uma estratégia eficaz para prolongar a vida útil dos frutos.

Conclusões

Os resultados deste estudo revelaram que o hipoclorito de sódio (NaClO) e o bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) são opções eficazes para controlar patógenos em pitangas, superando o vinagre (CH_3COOH), que se revelou pouco eficiente.

Embora o bicarbonato tenha se destacado por sua capacidade de redução de microrganismos, sua aplicação acarreta uma maior perda de massa fresca, o que pode impactar a qualidade

Conclui-se que o hipoclorito de sódio se apresentou como uma estratégia mais promissora para prolongar a qualidade e a segurança das pitangas durante o armazenamento. Essa abordagem é essencial em um mercado que valoriza não apenas a segurança dos produtos, mas também sua frescura e sabor, atendendo às crescentes expectativas dos consumidores.

Dessa forma, o uso adequado do hipoclorito de sódio pode contribuir significativamente para garantir que as pitangas in natura cheguem com qualidade desejada ao consumidor final.

Referências

ADAMI, A. A. V.; DUTRA, M. B. L. Análise da eficácia do vinagre como sanitizante na alface (*Lactuca sativa*, L.). **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 3, p. 134-144, 2011. Disponível em: https://acervomais.com.br/index.php/saude/article/view/6 807/4193. Acesso em: 31 out. 2024.

AZEVEDO, L. C. G. **Crescimento, qualidade** (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal de Minas Gerais, São João Evangelista, 2016. Disponível em:https://www.sje.ifmg.edu.br/portal/images/artigos/biblioteca/TCCs/Agronomia/2016/LUIZ_CARLOS_GOMES_DE_AZEVEDO.pdf. Acesso em: 30 out. Acesso em: 30 out. 2024.

BEZERRA, J. E. F.; *et al.* **Pitanga.** Brasília: Embrapa, 2021.Disponívelem: https://www.embrapa.br/ agencia-deinformacao-tecnologica/territorios/territorio-mata-sulpernambucana/atividadeseconomicas/cultivos/fruticultura/pitanga. Acesso em: 13 out. 2024.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças:** fisiologia e manuseio. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

GUIMARÃES SANCHES, A.; *et al*. Extensão da vida útil de pitangas submetidas ao tratamento com cloreto de cálcio. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 1, p. 45-58, 2017.

KIM, H.; SONG, K. B. Combined treatment with chlorine dioxide gas, fumaric acid, and ultraviolet-C light for inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* inoculated on plums. **Food Control**, v. 71, p. 371-375, 2017.

PATRO, R. Pitanga. **Jardineiro.net**, 2020. Disponível em: https://www.jardineiro.net/plantas/pitanga-eugeniauniflora.html. Acesso em: 13 out. 2024.

SANCHES, A. G.; *et al*. Tratamentos químicos na manutenção da qualidade pós-colheita em frutos de pitanga (*Eugenia uniflora* L.). **Nativa,** v.5, n.4, p.257-262, 2017.

SANTOS, A. F.; *et al.* Alterações fisiológicas durante a maturação de pitanga (*Eugenia uniflora* L.). **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Miami, v. 46, n. 3, p. 52-57, 2003.

SANTOS, A. F.; SANTOS, S. M.; ALVES, R. E. Armazenamento de pitanga sob atmosfera modificada e refrigeração: transformações químicas pós-colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.36-41, 2006.

INFLUÊNCIA DO 2,4-D COMO REGULADOR DE CRESCIMENTO EM FUNÇÃO DOS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DO TRIGO

Carlos Manoel Tilschneider (AGRONOMIA/PUCPR, carlostilschneider2@gmail.com), Emilly Luiza Da Silva (AGRONOMIA/PUCPR, emilly.luiza@pucpr.edu.br), Fabricio Luan Weber (AGRONOMIA/PUCPR, fabricio.weber@pucpr.edu.br) Lucas Barbosa (AGRONOMIA/PUCPR, l.barbosa4@pucpr.edu.br), Maria Eduarda Rodrigues (AGRONOMIA/PUCPR, mariaeduardarodrigues19@yahoo.com), Martios Ecco (Docente PUCPR, ecco.martios@pucpr.br)

Área Temática: Produção Vegetal

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do regulador de crescimento 2,4-D aplicado em diferentes estádios fenológicos do trigo, visando identificar até qual momento sua aplicação pode ser realizada sem prejuízos ao desenvolvimento e produtividade da cultura. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições, sendo realizada aplicações nos estádios 2, 6, 8 e 10.2, conforme a escala de Feekes modificada por Large (Large,1950) além de uma testemunha. As variáveis analisadas foram número de perfilhos produtivos e não produtivos, anomalias morfológicas, altura de plantas, número de espigas, grãos por espiga e produtividade. Após coleta os dados foram submetidos a análise estatística para comparação dos tratamentos pelo teste de tukey. Os resultados indicaram que as variáveis vegetativas, como altura de plantas e número total de perfilhos, não apresentaram diferenças significativas, demonstrando baixa influência do regulador nessas características. Por outro lado, as variáveis reprodutivas foram mais sensíveis ao 2,4-D. O tratamento no estádio 2 destacou-se, com maior número de grãos por espiga e maior produtividade média, evidenciando que aplicações precoces favorecem o desempenho da cultura. Em contraste, o estádio 10.2 apresentou os menores resultados, indicando efeito negativo da aplicação tardia. Conclui-se que as aplicações do 2,4-D podem ser realizadas nos estádios iniciais do Trigo sem danos expressivos, enquanto aplicações tardias comprometem o potencial produtivo da cultura.

Palavras-chave: produtividade agrícola; desenvolvimento vegetal; componentes de rendimento; manejo agronômico; aplicação hormonal.

Introdução

O trigo (*Triticum aestivum*) é um dos cereais mais importantes para a segurança alimentar mundial, com grande relevância econômica. No Brasil, sua produção concentra-se na região Sul, mas ainda é insuficiente para atender à demanda interna, evidenciando a necessidade de aprimorar estratégias de manejo que aumentem a produtividade e a estabilidade da cultura (Embrapa, 2017). Nesse contexto, a otimização do desenvolvimento morfológico e fisiológico das plantas torna-se essencial.

Práticas que atuam diretamente no crescimento vegetal são fundamentais para maximizar o rendimento, destacando-se a eficiência fisiológica, a arquitetura da planta e o equilíbrio entre crescimento vegetativo e reprodutivo, assim, o uso de reguladores de crescimento surge como alternativa para melhorar o porte, evitando acamamentos e promovendo maior uniformidade, favorecendo a formação de estruturas reprodutivas, como espigas plurifloras (Taiz *et al*., 2017). Entre esses reguladores, o 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) destaca-se por mimetizar a ação das auxinas, hormônios relacionados ao alongamento celular e à organização da planta (Brian, 1951). Apesar de ser amplamente utilizado como herbicida, seu potencial como regulador de crescimento é reconhecido quando aplicado de forma adequada. Contudo, o uso inadequado pode causar distúrbios fisiológicos, como deformações, esterilidade e redução do crescimento parcialmente em estádios sensíveis (Crafts, 1975; Robinson; Fenster, 1973), evidenciando a necessidade de estudos mais específicos.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o melhor momento de aplicação do 2,4-D como regulador de crescimento na cultura do trigo, considerando seus efeitos no desenvolvimento das plantas e na produtividade.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), localizada no município de Toledo, sob as coordenadas 24°43’14” S e 53°43’56” W, a uma altitude média de 560 m em relação ao nível do mar

A área possui solo de textura argilosa e é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distróferrico (Embrapa, 2018). Com base na classificação climática de Köeppen (Maack, 2009), o clima é do tipo subtropical úmido, mesotérmico, com verões quentes, sem estações secas e com poucas geadas.

A cultura implantada foi da cultivar TBIO Calibre, semeada em sistema direto e conduzido no período de agosto a novembro de 2025. Utilizou-se um trator John Deere 5078E, ano 2010, com 80 cv de potência, acoplado a uma semeadeira KUHN de 15 linhas, com espaçamento de 17 cm entre linhas. A área do experimento teve 30 linhas semeadas.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC), composto por cinco tratamentos e quatro repetições. Cada parcela apresentou dimensões de 4,0 × 2,5 m. Os tratamentos consistiram na aplicação do

herbicida 2,4-D em diferentes estádios fenológicos da cultura do trigo: T1 – testemunha (sem aplicação); T2 – aplicação no estádio 2; T3 – aplicação no estádio 6; T4 – aplicação no estádio 8; T5 – aplicação no estádio 10.2.

As aplicações do herbicida 2,4-D foram realizadas com pulverizador costal, na dose de 0,6 L ha^{-1} conforme recomendação da bula do produto para a cultura, o que correspondeu a 12 mL do produto diluído em 10 L de água. O manejo fitossanitário da cultura incluiu aplicações de fungicidas, inseticidas e herbicidas ao longo do ciclo, visando à proteção contra pragas, doenças e plantas daninhas.

Foi realizado em todas as parcelas aplicação do fungicida Nativo com finalidade preventiva no controle de doenças, na dose 0,75 L ha^{-1}, equivalente a 15 mL para 10 litros de água, já para controle de plantas invasoras de folha larga realizou aplicação do metsulfurom metílico a dose de 4 g ha^{-1}, o que correspondeu a 0,08 g do produto diluído em 10 litros de água. Essa aplicação para controle de plantas invasoras ocorreu apenas nas parcelas em que não haviam recebido 2,4-D.

Visando o controle preventivo de pragas e doenças da espiga, realizou-se a aplicação do inseticida à base de tiametoxam + lambda-cialotrina**,** na dose de 2,5 ml conforme recomendação da bula, e do fungicida à base de bixafem + protioconazol + trifloxistrobina na dose 10 ml. Ambos os produtos foram diluídos em 10 litros de água e aplicados por meio de bomba costal.

A adubação de base foi realizada com fertilizante NPK 10-15-15, na dose de 417 kg ha^{-1}, conforme análise de solo. Já a adubação de cobertura foi realizada com sulfato de amônio, na dose de 323 kg ha^{-1}. Com o objetivo de melhorar a formação das espigas e qualidade fisiológica dos grãos foi realizada uma adubação foliar com boro e nitrogênio, na dose de 60 ml diluídos em 10 litros de água. Para a redução de perdas e proteção das espigas repetiram-se as aplicações fitossanitárias, aplicando o inseticida Mustang 350C, na dose de 1 ml e o fungicida Fox Xpro na dose de 10 ml, ambos diluídos em 10 litros de água.

As avaliações foram realizadas ao longo do desenvolvimento da cultura nos estádios 2, 6, 8, e 10.2, além da testemunha. Para maior precisão, foi selecionado uma área de um metro quadrado no centro de cada parcela onde mediu-se os seguintes parâmetros: altura de plantas, número de perfilhos produtivos, número de espigas por metro quadrado, número de grãos por espiga e ocorrência de anomalias morfológicas. A altura das plantas foi obtida pela média de 20 plantas e nas mesmas foram contabilizados os perfis produtivos, as anomalias morfológicas ocasionadas pela aplicação do herbicida 2,4-D e o número de grãos por espiga. Ao final foi realizado a contagem do total de espigas presentes no metro quadrado avaliado.

Ao final, foi realizado o cálculo de produtividade onde utilizou-se a fórmula: (Média de grãos por espiga x Quantidade de espigas por m^2 x PMS da cultivar).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando constatada diferença significativa entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR.

Resultados e Discussão

Na avaliação realizada durante o experimento (Tabela 1), não foram observadas diferenças estatísticas no número total de perfilhos entre os tratamentos, todos com média de 1,00. Já em perfilhos produtivos houve uma diferença de estáticas destacando-se o tratamento cinco, com média de 2,00, assim como em perfilhos não produtivos.

Tabela 1 - Resultados dos números de perfilhos.

Estádios	Perfilhos	Produtivos	Não produtivos
Testemunha	1,00a	1,50ab	1,50a
2	1,00a	1,00a	1,00a
6	1,00a	1,00a	1,00a
8	1,00a	1,50ab	1,50ab
10.2	1,00a	2,00b	2,00b
CV%	21	26,08	31,4

Conforme Silva *et al*., (2017), esses resultados indicam que no estádio intermediário os tratamentos não haviam influenciado na emissão de perfilhos, essas respostas são dependentes de fatores ambientais como disponibilidade luminosa, temperatura e nutrição basal.

No entanto, nesta fase apresentou diferença de estática em perfilhos produtivos e não produtivos, especialmente nos tratamentos 4 e 5 com maiores valores (1,50 e 2,00). Isso indica que, embora o número de perfilhos não tenha mudado, alguns tratamentos já influenciavam sua qualidade e potencial produtivo.

Tabela 2 - Resultados das anomalias e altura.

Estádios	Anomalias	Altura (Cm)
Testemunha	0,0a	57,0a
2	0,33a	58,25a
6	0,25a	56,75a
8	0,75a	55,50a
10.2	0,75a	51,25a
CV%	10,04	10,07

Na tabela 2, é possível observar a baixa incidência de anomalias (0,0 a 0,75 por planta), sem diferenças estatísticas entre os tratamentos, assim como em altura de plantas, também não houve diferença estatística entre os tratamentos, com valores variando entre 51,25 e 58,25 cm.

Nas anomalias o coeficiente de variação foi relativamente baixo (10,4%), indicando boa precisão experimental, o que reforça que a ausência de diferença observada não se deve à variabilidade dos dados, mas sim à falta de efeito dos tratamentos sobre as anomalias. Conforme Gomes (2009), valores de CV inferiores a 20% caracterizam experimentos com alta precisão para variáveis biológicas, como observado neste estudo.

Os estádios 8 e o 10.2 apresentaram os maiores valores de anomalias (0,75), indicando leve tendência de aumento, porém, sem diferença estatística em relação aos demais, enquanto o tratamento 1 não apresentou anomalias (0,0), também sem diferença significativa. De modo geral, o desenvolvimento morfológico das plantas ocorreu de forma uniforme entre os tratamentos, sugerindo que não houve efeitos fisiológicos indesejados, como distorções ou falhas de formação; segundo Taiz *et al*. (2017), anomalias estão associadas a estresses severos, o que não foi evidenciado neste experimento.

Na altura de planta o coeficiente de variação (CV = 10,07%) foi relativamente baixo, indicando elevada precisão experimental e reforçando que a ausência de diferenças está relacionada à similaridade entre os tratamentos, e não à variabilidade do ensaio. Nesse contexto, o tratamento 2 apresentou a maior altura médía (58,25 cm), seguido pelos tratamentos 1 (57,0 cm) e 3 (56,75 cm), enquanto o tratamento 5 apresentou o menor valor (51,25 cm). Apesar dessas variações numéricas, não houve diferença estatística significativa, indicando que os tratamentos não influenciaram a elongação das plantas. Conforme Alvarez, V. e Alvarez, G. (2019), CVs inferiores a 15% indicam boa estabilidade experimental, e, segundo Fancelli e Dourado Neto (2018), a altura é mais dependente de fatores genéticos e ambientais do que de tratamentos isolados.

Do ponto de vista fisiológico, a uniformidade na altura das plantas indica estabilidade no desenvolvimento vegetativo entre os tratamentos, corroborando resultados anteriores em que as principais diferenças estiveram associadas ao perfilhamento produtivo. Isso sugere que os tratamentos influenciaram mais a eficiência dos perfilhos do que o crescimento em altura, conforme destacado por Sangoi e Silva (2018), que apontam maior sensibilidade do perfilhamento às práticas de manejo em comparação à estatura final das plantas.

Para o número de espigas por tratamento, observaram-se diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, evidenciadas pelas letras distintas (a, b, c).

Esses resultados indicam que os tratamentos influenciaram diretamente o desempenho das plantas, podendo favorecer ou reduzir a formação de espigas. Tratamentos que proporcionaram melhor equilíbrio fisiológico e menor estresse às plantas favoreceram maior formação de espigas, enquanto tratamentos menos eficientes podem ter limitado esse processo.

Os valores médios de grãos por espiga, teve variação entre tratamentos, o tratamento 5 apresentou a menor média e o tratamento 2 a maior. O coeficiente de variação (26,82%) indica variabilidade moderada e aceitável, já nas médias de produtividade nos diferentes tratamentos, com variação considerável; o tratamento 5 apresentou o menor valor e o tratamento 2 o maior. O coeficiente de variação (26,13%) indica variabilidade moderada e aceitável em condições de campo.

Tabela 3 – Resultados da produção

Estádios	Nº espigas	Grãos/espiga	Produtividade Kg/há
Testemunha	518,0b	20,0ab	3737,0ab
2	497,0a	24,25b	4329,75b
6	516,50b	16,75ab	3287,50ab
8	513,0b	21,25ab	3926,75ab
10.2	531,50c	11,75a	2247,50a
CV%	0,9	26,82	26,13

O tratamento 2 apresentou o menor número de espigas (497,0a), enquanto o tratamento 5 obteve o maior valor (531,50c), diferindo estatisticamente dos demais; os tratamentos 3 e 4 apresentaram valores intermediários. Esse resultado indica maior eficiência reprodutiva no tratamento 5, possivelmente associada à melhor utilização de fotoassimilados, conforme discutido por Sangoi e Silva (2018).

O coeficiente de variação foi extremamente baixo (0,9%), indicando altíssima precisão experimental e confiabilidade dos dados (Alvarez, V.; Alvarez, G., 2019). Esse comportamento confirma que variáveis reprodutivas são mais sensíveis aos tratamentos, como destacado por Fancelli e Dourado Neto (2018), evidenciando a superioridade do tratamento 5 na produção de espigas, possivelmente relacionada à maior eficiência fisiológica e equilíbrio nutricional (Espín; Matamoros, 2024).

Na variável grãos por espiga os tratamentos 1, 3 e 4 apresentaram desempenho intermediário ("ab"), sem diferença estatística entre si e em relação ao tratamento 5, embora com tendência de aumento no número de grãos conforme a eficiência dos tratamentos. O tratamento 2 destacou-se com a maior média (24,25b), indicando maior eficiência reprodutiva, possivelmente associada a melhores condições nutricionais e menor estresse (Ferreira *et al*., 2021).

Por outro lado, o tratamento 5 apresentou menor desempenho, possivelmente relacionado a limitações durante fases críticas do desenvolvimento, que podem reduzir a formação de grãos (Taiz *et al*., 2017). Assim, os resultados evidenciam que o manejo influencia diretamente esse componente produtivo, mesmo com diferenças estatísticas parcialmente sobrepostas

Na produtividade os tratamentos 3, 1 e 4 apresentaram produtividades intermediárias ("ab"), sem diferença estatística entre si e em relação ao tratamento 5, embora com tendência crescente nos valores. O tratamento 2 destacou-se com a maior produtividade (4329,75 kg ha^{-1}), evidenciando maior eficiência, possivelmente associada a melhores condições de manejo, conforme relatado por Sangoi *et al*. (2010).

Por outro lado, o menor desempenho do tratamento 5 pode estar relacionado a limitações durante fases críticas do desenvolvimento, como florescimento e enchimento de grãos, que reduzem a produtividade (Taiz *et al.,* 2017). Assim, os resultados indicam que o manejo adotado influencia diretamente o rendimento final da cultura.

Conclusão

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que os diferentes momentos de aplicação do 2,4-D como regulador de crescimento influenciaram os componentes de produção e a produtividade da cultura do trigo. Para as variáveis perfilhamento, anomalias e altura de plantas, não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos.

Entretanto, para as variáveis produtivas, verificou-se que os tratamentos 2 e 4 apresentaram os melhores resultados de produtividade, com médias de 4329,75 kg ha' e 3926,75 kg ha', respectivamente, destacando-se como os manejos mais eficientes dentro das condições do experimento.

Por outro lado, o tratamento 5 apresentou o pior desempenho produtivo (2247,50 kg ha^{-1}), apesar de ter registrado maior número de espigas, indicando que esse aumento não resultou em maior rendimento final.

Assim, condui-se que a escolha adequada do momento de aplicação do 2,4-D é fundamental para maximizar a produtividade do trigo, sendo os tratamentos 2 e 4 os mais indicados nas condições avaliadas.

Referências

ALVAREZ, V. H.; ALVAREZ, G. A. M. **Estatística aplicada a experimentação agrícola.** 2. ed. Viçosa: UFV, 2019.

BRIAN, P. W. Auxin and anti-auxin herbicides. **Nature**, London, v.168, p.103-104, 1951.

CARVALHO, F. I. F. de et al. **Estatística experimental aplicada às ciências agrárias.** 3. ed. Porto Alegre: UFPel, 2018.

CRAFTS, A. S. **Modern Weed Control**. Berkeley: University of California Press, 1975. 440p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Trigo no Brasil:** situação atual e potencial de expansão. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2017. 41p. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital /bitstream /item/225 281/1/Producaode-trigo.pdf. Acesso em: 09 set. 2025.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de plantas de alto rendimento.** Piracicaba: ESALQ/USP, 2018.
FERREIRA, D. F. **Experimental statistics methods**. Lavras: UFLA, 2014.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009.

KREUZ, C. L.; TOMM, I. A. **Manejo e fisiologia do trigo.** Brasília, DF: Embrapa, 2017. 152 p.

LARGE, E. C. Growth stages in cereals: illustration of the Feekes scale. **Plant Pathology,** Oxford, v. 3, n. 4, p. 128-129, 1954. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1954.tb00716.x. Acesso em: 24 abr. 2026.

MARSCHNER, P. (ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants.** 3. ed. London: Academic Press, 2012.

PEDÓ, T.; FONTANA, D. C.; BENEDETTI, R. P. **Ecofisiologia das culturas agrícolas.** Porto Alegre: Evangraf, 2015.

ROBINSON, R. G.; FENSTER, C. R. Effects of phenoxy herbicides on cereals**. Weed Science**, Champaign, v.21, p.152-156, 1973.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F. da. Fisiologia e manejo do perfilhamento em cereais. **Revista Plantio Direto**, v. 20, n. 145, p. 15–28, 2018.

SCHEUER, P. M.; FRANCISCO, A.; GUTKOSKI, L. C.; MONTENEGRO, F. M.; UMBELINO, D. C. Farinhas de trigo: características e aplicações. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.1, p.47-56, 2011.

SILVA, P. R. F. da; STRIEDER, M. L.; RICHTER, G. L. **Fisiologia do crescimento e desenvolvimento de plantas agrícolas**. Porto Alegre: UFRGS, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

PROTOCOLO DE ASSEPSIA COM HIPOCLORITO DE SÓDIO EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES EM EXPLANTES DE ALHO (*Allium sativum*)

Raquel Miranda dos Santos (raquel.miranda@pucpr.edu.br), Camilla Maria Demarco (camila.demarco@pucpr.edu.br), Fabiana Wisnievski (Agronomia/PUCPR fabiana.wisnievski@pucpr.edu.br), Maria Luiza Backes (maria.backes@pucpr.edu.br), Maria Victoria Kaefer Fagundes (Agronomia/PUCPR Maria.kaefer@pucpr.edu.br) Luciana Alves Fogaça (Agronimia PUCPR Toledo, fogaça.l@pucpr.br)

Área Temática: Horticultura

Resumo: O alho (*Allium sativum* L.) é uma cultura amplamente utilizada na alimentação, cuja propagação tradicional por bulbilhos apresenta limitações como baixa taxa de multiplicação e disseminação de patógenos. Nesse contexto, a micropropagação surge como alternativa para obtenção de mudas sadias e uniformes. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de diferentes concentrações de hipoclorito de sódio (NaClO) na assepsia de explantes de alho. O experimento foi conduzido em laboratório na Pontifícia Universidade Católica do Paraná – Campus Toledo, utilizando delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos (1,0%; 1,5% e 2,0% de NaClO) e dez repetições. Os explantes foram submetidos a protocolos de desinfecção com álcool 70% seguido de NaClO por 10 minutos. Avaliaram-se a taxa de contaminação, sobrevivência e estabelecimento in vitro. Os resultados demonstraram que a concentração de 2,0% de NaClO apresentou maior eficiência, com cerca de 90% de controle da contaminação, enquanto as concentrações menores apresentaram maior incidência de microrganismos ao longo do tempo. Concluise que o uso de NaClO a 2,0% é mais eficiente para garantir assepsia e viabilidade dos explantes, sendo recomendado para protocolos de micropropagação de alho.

Palavras-chave: micropropagação; cultura in vitro; biotecnologia.

Introdução

O alho (*Allium sativum* L.) é uma hortaliça de grande importância econômica e alimentar, amplamente consumida no Brasil e no mundo devido às suas propriedades culinárias e medicinais. A cultura apresenta elevada relevância para a agricultura familiar e para o setor hortícola, destacando-se pelo crescente interesse em técnicas que aumentem a produtividade e a qualidade sanitária das mudas. Sua propagação ocorre predominantemente por bulbilhos, método que favorece a disseminação de patógenos, reduz a taxa de multiplicação e compromete a uniformidade das plantas, refletindo diretamente na produtividade da cultura (Oliveira, 2009; Vieira, 2012).

A micropropagação constitui uma alternativa eficiente, permitindo a produção de mudas livres de patógenos, com maior uniformidade genética e qualidade fitossanitária. No entanto, um dos principais desafios dessa técnica é a obtenção de explantes livres de contaminação (Santos *et al*., 2021), uma vez que microrganismos podem comprometer o desenvolvimento in vitro.

Nesse sentido, a assepsia dos explantes é etapa fundamental, sendo o hipoclorito de sódio amplamente utilizado como agente desinfetante. Entretanto, sua concentração deve ser cuidadosamente ajustada, pois níveis baixos podem ser ineficientes, enquanto concentrações elevadas podem causar danos aos tecidos vegetais.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes concentrações de hipoclorito de sódio na desinfecção de explantes de alho, visando otimizar o protocolo de assepsia para cultivo in vitro.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em laboratório na Pontifícia Universidade Católica do Paraná – Campus Toledo. Foram utilizados bulbilhos de alho provenientes de bulbos sadios, previamente selecionados e submetidos à vernalização por 15 dias (3–5 °C).

Os explantes foram obtidos da região meristemática e cultivados em meio Murashige & Skoog (MS), contendo sais minerais, vitaminas, sacarose e ágar, com pH ajustado para 5,7–5,8.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC), com três tratamentos correspondentes às concentrações de hipoclorito de sódio (1,0%; 1,5% e 2,0%), dez repetições e dois explantes por unidade experimental, totalizando 60 unidades. Os dados obtidos após as avaliações foram submetidos a análise de variância (ANOVA), e em seguida foram comparadas as médias pelo teste de tukey a 5% de probabilidade ($p<0,05$), através do site GExpDes.

O protocolo de assepsia consistiu em lavagem em água corrente, imersão em detergente neutro, álcool 70% por 1 minuto e posterior imersão em NaClO por 10 minutos, seguido de três enxágues com água destilada estéril. As avaliações foram realizadas após 7, 14 e 21 dias, analisando-se a contaminação.

Resultados e Discussão

Os resultados demonstraram que a concentração de 2,0% de NaClO apresentou maior eficiência na desinfecção, com apenas um frasco contaminado em todas as avaliações, correspondendo a aproximadamente 90% de controle. As concentrações de 1,0% e 1,5% apresentaram maiores índices de contaminação, com aumento progressivo ao longo das avaliações, indicando que não foram suficientes para eliminar completamente os microrganismos.

Tabela 1 - Contaminação de frascos na avaliação de 07/10/2025.

Avaliação	Concentração de NaCLO (%)	Frascos contaminados	Eficácia de controle (%)
07/10	1,0	5	70
07/10	1,5	5	60
07/10	2,0	1	90

Tabela 2 - Contaminação de frascos na avaliação de 14/10/2025.

Avaliação	Concentração de NaCLO (%)	Frascos contaminados	Eficácia de controle (%)
14/10	1,0	5	50
14/10	1,5	4	60
14/10	2,0	1	90

Tabela 3 - Contaminação de frascos na avaliação de 21/10/2025.

Avaliação	Concentração de NaCLO (%)	Frascos contaminados	Eficácia de controle (%)
21/10	1,0	3	50
21/10	1,5	4	50
21/10	2,0	1	90

Tabela 4 - Taxa de contaminação dos explantes.

Concentração de NaCLO (%)	Frascos contaminados	Eficácia de controle (%)
1,0	4,33 b	56,67 b
1,5	4,33 b	56,67 b
2,0	1,00 a	90,00 a
CV%	23,14	11,00
Média	3,22	67,78

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro analisado, não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade de erro. ($p<0,05$)

Os resultados obtidos neste estudo corroboram os descritos por Câmara (1988), que destacou a importância da assepsia eficiente em protocolos de micropropagação de alho, especialmente durante o estabelecimento inicial

dos explantes in vitro. Segundo o autor, a contaminação constitui um dos principais fatores limitantes da cultura de tecidos em alho, podendo comprometer o desenvolvimento e a sobrevivência dos materiais propagados. De forma semelhante, Brenes-Madriz e Guillén-Watson (2014), ao estabelecerem um protocolo in vitro para cultivo de alho na Costa Rica, observaram que protocolos adequados de desinfecção são fundamentais para reduzir perdas causadas por fungos e bactérias, favorecendo o estabelecimento e desenvolvimento dos explantes. Os autores ressaltam que concentrações inadequadas dos agentes desinfestantes reduzem significativamente a eficiência do cultivo in vitro.

Além disso, Coutinho *et al*. (2000) relatam que o hipoclorito de sódio apresenta elevada ação antimicrobiana devido ao seu potencial oxidante, sendo amplamente utilizado em protocolos de desinfecção vegetal. No presente estudo, a concentração de 2,0% apresentou maior eficiência sem causar danos visuais significativos aos tecidos, demonstrando equilíbrio entre controle microbiológico e manutenção da viabilidade dos explantes. O período de incubação no escuro também contribuiu para a identificação de contaminações latentes e favoreceu o desenvolvimento inicial dos tecidos, conforme descrito por Economou e Read (1987), evidenciando a importância das condições ambientais no estabelecimento in vitro. Assim, observa-se que a eficiência da assepsia depende do equilíbrio entre a concentração do desinfetante e a manutenção da viabilidade do material vegetal, sendo a concentração de 2,0% a mais adequada nas condições avaliadas neste estudo.

Conclusão

A utilização de hipoclorito de sódio a 2,0% por 10 minutos foi a mais eficiente na desinfecção de explantes de alho, apresentando menor contaminação. Concentrações inferiores não garantiram assepsia adequada. Portanto, recomenda-se o uso de 2,0% de NaClO para protocolos de micropropagação, visando maior eficiência na produção de mudas sadias.

Referências

ALMEIDA, Joyce Gomes de. **Uso de hipoclorito e fitohormônios sobre a propagação in vitro de baunilha (*Vanilla bahiana* Hoehne).** Goiânia: Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Escola Politécnica, PUC Goiás. Disponível em: https://repositorio.pucgoias.edu.br /jspui/handle/12345678 9/6028. Acesso em: 3 nov. 2025.

APELFELER, D.; RAUSCH FERNANDES, F. Regeneração de plantas de alho in vitro após o cultivo de ápices caulinares**. II Jornada Científica da Embrapa Hortaliças**, Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2012. 6 p. Disponível em: https://www.alice.cnptia. embrapa.br/alice/bitstream/doc/9 30272/1/IIJCEHDiegoalho.pdf. Acesso em: 3 nov. 2025.

BRENES-MADRIZ, J. A.; GUILLÉN-WATSON, A. V. Establecimiento de un protocolo in vitro para el cultivo del ajo (*Allium sativum*) en Costa Rica. **Revista Tecnología en Marcha**, v. 27, n. 4, p. 49–57, 2014. DOI: 10.18845/tm.v27i4.2085. Acesso em: 03 maio 2026.

CÂMARA, F. A. A. **Obtenção de plantas de alho (*Allium sativum* L.) a partir de meristemas e microbulbificação in vitro**. Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1988. 55 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Disponível em: Repositório UFLA. Acesso em: 03 maio 2026.

COUTINHO, W. M.; PEREIRA, L. A. A. SILVA, O. F.; PENA, R.C.M.; MAGALHÃES, F.H.L. Efeitos de hipoclorito de sódio na germinação de conídios de alguns fungos transmitidos por semente. **Revista Fitopatologia** Brasileira, Brasília, v. 25, n. 3, p. 552-555, 2000.

ECONOMOU, A.; READ, P.E. Light treatments to improve efficiency of in vitro propagation systems. **HortScience**, Alexandria, v.22 n.5, p.751-754, 1987.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A. A revised medium for rapidgrowth and bioassays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, v. 15, p. 473-497, 1962.

OLIVEIRA, A. E. de; LONGO. **Micropropagação de alho e ginogênese in vitro de cebola**. Campinas, SP: Instituto Agronômico de Campinas, 2009. 130 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2009.

RAMÍREZ VILLALOBOS, M.; URDANETA, A.; LEÓN DE SIERRALTA, S. Establecimiento in vitro de explantes adultos del guanábano (*Annona muricata* L.) tratados con hipoclorito de sodio. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Caracas, v. 19, n. 1, p. 4855, Jan. 2002. Disponível em: https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378781820020001 0005&script=sci_arttext. Acesso em: 3 nov. 2025.

SANTOS, M. R. A; SILVA CHAGAS, S. E; GUIMARÃES, M.C. M. Estabelecimento de protocolo para descontaminação de explantes foliares de bacurizeiro (*Platonia insignis* Mart.). **Saber científico,** v. 4, n. 2, p. 1016, 2021. Acesso em: 03 nov. 2025.

VIEIRA, R. L. **Aspectos fisiológicos e fitossanitários na micropropagação para a obtenção de alho-semente livre de vírus.** Florianópolis-SC: UFSC, 2012. 214 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/100859. Acesso em: 01 nov. 2025.

TEMPO DE EXPOSIÇÃO AO CARBURETO (*CaC_2*) NA MATURAÇÃO DE BANANAS

Allan Dhiemis de Souza Amaral (Agronomia/PUCPR, allan.amaral@pucpr.edu.br), Daniela Langer (AGRONOMIA/PUCPR, daniela.langer@pucpr.edu.br), Mariana Vitória Gonçalves (AGRONOMIA/PUCPR, g.vitoria3@pucpr.edu.br), Vitória Luiza Steffens Marafon (AGRONOMIA/PUCPR, vitoria.marafon@pucpr.edu.br), Idiana Marina Dalastra (AGRONOMIA/PUCPR, idiana.dalastra@pucpr.edu.br).

Área Temática: Horticultura

Resumo: O experimento de avaliação da maturação de bananas com carbureto de cálcio (*CaC_2*) foi realizado no laboratório da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), em 03 de outubro de 2025. O objetivo foi analisar o efeito do tempo de exposição ao carbureto de cálcio sobre o amadurecimento e a conservação dos frutos. Foram aplicados quatro tratamentos, com cinco repetições cada, utilizando 50 g de carbureto de cálcio em caixas de isopor de 46 L, vedadas com fita crepe. Os períodos de exposição foram de 3, 6, 9 e 12 dias, respectivamente. A banana é um fruto climatérico que continua amadurecendo após a colheita devido à produção de etileno, hormônio vegetal responsável por reações bioquímicas que alteram cor, textura, aroma e sabor. O carbureto de cálcio, ao reagir com a umidade, libera acetileno (C_2H_2), gás que atua de forma semelhante ao etileno, acelerando e uniformizando o processo de maturação. Durante o experimento, as bananas foram avaliadas quanto os parâmetros que indicam o avanço da maturação. Essa prática mostrou-se uma alternativa eficiente e de baixo custo para o manejo pós-colheita, permitindo melhor controle da qualidade, redução de perdas e padronização dos frutos. O estudo contribui para o aprimoramento das técnicas de amadurecimento artificial, oferecendo subsídios para otimizar o processo em escala comercial, garantindo segurança e manutenção das características sensoriais e nutricionais das bananas.

Palavras-chave: amadurecimento induzido; frutos climatéricos; pós-colheita.

Introdução

A banana (*Musa* spp.) destaca-se como uma das frutas tropicais mais produzidas e consumidas globalmente, com significativa importância econômica em regiões de clima quente, devido ao seu valor nutricional e ampla aceitação no mercado (FAO, 2023). Por ser um fruto climatérico, a banana continua seu processo de amadurecimento após a colheita, impulsionado pelo aumento da produção de etileno. Este hormônio vegetal é crucial para as reações bioquímicas que alteram a cor, textura, aroma e sabor do fruto (Chitarra, M.; Chitarra, A., 2005; Taiz *et al.,* 2017).

O etileno atua como o principal regulador da maturação em frutos climatéricos, promovendo a conversão de amido em açúcares simples, o amaciamento da polpa e a

uniformização da coloração (Lobo *et al.*, 2021). Em escala comercial, a maturação natural é frequentemente complementada por métodos artificiais que aceleram e padronizam o processo, visando reduzir perdas póscolheita e melhorar a qualidade visual dos frutos (Adeyemi *et al*., 2019).

Entre os métodos de indução de maturação, o carbureto de cálcio (CaC_2) é amplamente utilizado. Em contato com a umidade, o CaC_2 libera acetileno (C_2H_2), um gás com ação fisiológica similar ao etileno, capaz de induzir e uniformizar a maturação (Nuhu *et al*., 2020). Contudo, o uso inadequado ou excessivo de CaC_2 pode comprometer a qualidade nutricional e a segurança alimentar, devido à possível presença de impurezas tóxicas (Sogo-Temi *et al*., 2014).

Diante desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes tempos de exposição ao carbureto de cálcio na maturação de bananas em ambiente isolado, buscando determinar o período ideal de tratamento que assegure eficiência e qualidade, contribuindo para o aprimoramento das técnicas de amadurecimento artificial.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no laboratório da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), no dia 03 de outubro de 2025, com o objetivo de avaliar o efeito do carbureto de cálcio (CaC_2) na maturação de bananas em ambiente isolado. Foram estabelecidas quatro parcelas experimentais, correspondentes aos diferentes períodos de exposição ao produto: 3, 6, 9 e 12 dias. Cada parcela recebeu 50 g de carbureto de cálcio, aplicados em caixas de isopor de 46 L devidamente vedadas com fita crepe, a fim de garantir o ambiente controlado para a liberação do gás acetileno (C_2H_2).

Os parâmetros avaliados foram altura do fruto, diâmetro, peso e homogeneidade de maturação, sendo esta última determinada conforme a escala de maturação de Von Loesecke. As medições de altura e diâmetro foram realizadas com paquímetro digital, enquanto o peso foi obtido em balança de precisão. A homogeneidade de maturação foi avaliada visualmente, considerando a coloração da casca e a firmeza da polpa, de acordo com os critérios descritos por Von Loesecke.

Os dados coletados foram organizados em planilhas digitais e submetidos à análise estatística. A análise de variância (ANOVA) foi realizada para comparar os tratamentos, seguida pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0.05$) para identificar diferenças significativas entre as médias. O software GexpDes foi utilizado para as análises estatísticas (Kormann *et al*., 2019).

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos indicam que o tempo de exposição ao carbureto de cálcio (CaC_2) influenciou significativamente algumas características físicas das bananas, conforme demonstra na Tabela 1. A análise de variância apontou diferença estatística apenas para a variável altura (cm) dos frutos, enquanto diâmetro (cm) e peso (g) não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos.

Tabela 1. Médias obtidas sob diferentes tempos de exposição ao CaC_2 em frutos de banana prata, Toledo,2025.

Tratamentos	Altura (cm)	Diâmetro (cm)	Peso (g)
3 dias	11,28 b	3,07 ^{NS}	80,17 a
6 dias	11,55 ab	2,99	78,5 b
9 dias	13,35 a	3,08	76,67 b
12 dias	11,28 b	3,02	71,43 c
CV%	3,45	6,23	12,3

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns = não significativo. CV (%) para Altura e Diâmetro.

O maior comprimento médio foi observado no tratamento de 9 dias de exposição (13,35 cm), diferindo estatisticamente dos tratamentos de 3 e 12 dias (11,28 cm). O tratamento de 12 dias, por sua vez, apresentou o menor peso médio (71,43 g), o que pode ser atribuído ao avanço da senescência, caracterizado pela perda de água e redução de massa fresca, fenômeno descrito por Chitarra e Chitarra (2005) e corroborado por Adeyemi *et al*. (2019), que observaram comportamento semelhante em frutos climatéricos expostos a longos períodos de ação do acetileno.

A literatura destaca que a aplicação de CaC_2 libera acetileno (C_2H_2), um gás que mimetiza a ação do etileno (C_2H_4), acelerando reações bioquímicas envolvidas na degradação do amido, amaciamento da polpa e modificação da cor

(Pinheiro; Silva, 2018; Taiz *et al*., 2017). Entretanto, o excesso de acetileno pode causar fitotoxicidade e senescência prematura, conforme relatado por Ogo-Ogo *et al.* (2018), que verificaram escurecimento da casca e perda de firmeza em bananas submetidas a doses elevadas do produto. Esse efeito também foi descrito por Sogo-Temi *et al*. (2014), que associaram o uso excessivo de carbureto à degradação oxidativa de pigmentos e compostos fenólicos, comprometendo o valor nutricional e a aparência dos frutos.

Durante o experimento, observou-se que as bananas submetidas a períodos mais longos de exposição (9 e 12 dias) apresentaram escurecimento da epiderme, odor fermentativo e perda acentuada da firmeza, sintomas típicos de senescência acelerada. Esses resultados confirmam o comportamento climatérico do fruto, em que a respiração e a produção de etileno (ou de gases análogos) atingem um pico e, posteriormente, declinam rapidamente (Lobo *et al*., 2021; Taiz *et al.,* 2017).

Por outro lado, os tratamentos de 3 e 6 dias apresentaram maturação uniforme, coloração amarela homogênea e textura adequada para consumo, sem sinais de deterioração. Resultados semelhantes foram observados por Freitas *et al*. (2021) e Nascimento *et al*. (2020), que destacaram a eficiência de curtos períodos de exposição ao CaC_2 na indução da maturação sem comprometimento da qualidade sensorial e físico-química.

Além disso, estudos recentes indicam que o tempo de exposição ideal ao acetileno deve equilibrar a taxa de respiração e o acúmulo de açúcares redutores, evitando o colapso da parede celular (Kumar *et al.,* 2022). Isso explica a superioridade dos tratamentos intermediários, que atingiram o ponto climatérico sem ultrapassá-lo. Segundo Rahman *et al.* (2020), a exposição prolongada ao gás provoca aumento do conteúdo de enzimas oxidativas, como polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD), responsáveis pela formação de pigmentos escuros e redução da vida útil.

As Figuras 1 ilustram visualmente o avanço da maturação nos diferentes tratamentos, evidenciando as diferenças na coloração e integridade da casca. A Figura 1 com 3 de 6 dias de maturação frutos com coloração amarela uniforme e sem sinais de deterioração, enquanto a Figura 2 com 9 e 12 dias revelam o escurecimento e a perda de firmeza, características da senescência avançada.

Os resultados deste estudo corroboram o entendimento de que o uso do carbureto de cálcio pode ser uma alternativa eficiente para o amadurecimento comercial da banana, desde que o tempo de exposição seja rigorosamente controlado. A faixa entre 3 e 6 dias mostrou-se ideal, promovendo amadurecimento uniforme e aparência comercialmente aceitável, sem prejuízos à firmeza e ao teor de umidade. Tempos superiores a esse limite levaram ao surgimento de sintomas de senescência fisiológica e oxidativa, indicando que o ponto ótimo de indução da maturação deve coincidir com o pico climatérico, mas ser interrompido antes do colapso metabólico. Essas observações estão em conformidade com Singh *et al.* (2019), que reforçam a importância da modulação do tempo de exposição ao gás para manter a qualidade pós-colheita e a segurança alimentar dos frutos.

Figura 1- Amostras de bananas pratas aos 3 e 6 dias após aplicação de CaC_2, Toledo, 2025.



Figura 2 - Amostras de bananas pratas aos 9 e 12 dias após aplicação de CaC_2, Toledo, 2025.



Conclusão

Os períodos mais curtos de exposição ao carbureto de cálcio, especificamente 3 e 6 dias, demonstraram ser os mais adequados para induzir a maturação de bananas de forma homogênea. Nessas condições, os frutos mantiveram atributos físico-químicos e sensoriais essenciais para a comercialização, como coloração uniforme, firmeza satisfatória e aroma característico, alinhados aos padrões de qualidade exigidos pelo mercado. Em contrapartida, exposições prolongadas, como as de 9 e 12 dias, intensificaram o metabolismo pós-colheita, resultando em senescência acelerada, escurecimento da epiderme, perda acentuada de firmeza e início da deterioração. Portanto, a aplicação do CaC_2 requer planejamento e rigoroso controle do tempo de exposição para assegurar a eficácia do tratamento, preservar a qualidade pós-colheita e minimizar perdas decorrentes da deterioração.

Referências

ADEYEMI, M. M.; BAWA, M. H.; MUKTAR, B. Evaluation of the effect of calcium carbide on induce ripening of banana, pawpaw and mango. **Journal of Chemical Society** of Nigeria, v. 44, n. 1, p. 71–78, 2019.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças:** fisiologia e manuseio. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **FAOSTAT:** Production of bananas and plantains. Rome: FAO, 2023. Disponível em: http://www.fao.org/faostat. Acesso em: 12 out. 2025.

FREITAS, L. P.; *et al*. Artificial ripening of bananas using calcium carbide: physiological and biochemical changes during storage. **Food Science and Techonology International**, v. 27, n. 4, p. 349–359, 2021.

KORMANN, R.; MASSAD, E.; PAIXÃO, C. A.; FERREIRA, E. B.; NOGUEIRA, D. A. GExpDes: Interface gráfica para o ExpDes. **SIGMAE**, v. 8, p. 170–179, 2019.

KUMAR, S.; RANI, M.; VERMA, R. Effect of ethylene analogues on ripening and shelf life of bananas. **Scientia Horticulturae**, v. 291, p. 110588, 2022.

LOBO, M. G.; *et al*. Changes in color and texture during ripening and storage of bananas treated with natural ripening agents. **Postharvest Biology and Technology**, v. 177, p. 111514, 2021.

NASCIMENTO, R. L.; LIMA, C. E.; FERREIRA, M. P. Uso de carbureto de cálcio no amadurecimento de bananas: eficiência e qualidade pós-colheita. **Ciência Rural**, v. 50, n. 7, p. 1–9, 2020.

NUHU, A. M.; RABI, A.; TUKUR, H. R. Proximate and elemental analysis of banana fruits (Musa spp.) ripened with various concentrations of calcium carbide. **Journal of Chemical Society of Nigeria**, v. 45, n. 3, p. 589–595, 2020.

OGO OGO, F. A.; ADEDEJI, O. E.; AKINOLA, S. A. Postharvest treatment of banana with artificial ripening agent influences its nutritional quality and antioxidant potential. **European Journal of Nutrition & Food Safety**, v. 8, n. 2, p. 72–81, 2018.

PINHEIRO, S. L.; SILVA, D. M. Ação do acetileno na maturação de frutos climatéricos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 3, p. 1–7, 2018.

RAHMAN, M. S.; KARIM, M. A.; BEGUM, M. Biochemical and enzymatic changes in artificially ripened bananas. **Food Chemistry Advances**, v. 2, p. 100045, 2020.

SINGH, A.; SHARMA, P.; THAKUR, S. Impact of artificial ripening agents on the shelf life and quality of banana fruits. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 12, p. 5382–5390, 2019.

SOGO-TEMI, C. M.; IDOWU, O. A.; IDOWU, E. Effect of biological and chemical ripening agents on the nutritional and metal composition of banana (*Musa* spp.). **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, v. 18, n. 3, p. 439–444, 2014.

SOUZA, G. R.; ANDRADE, M. V.; PEREIRA, F. S. Parâmetros físicos e químicos na avaliação da maturação da banana. **Agropecuária Técnica**, v. 40, n. 1, p. 31–38, 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

COMPORTAMENTO AGRONÔMICO DA AVEIA PRETA SUBMETIDA A DOSES DE NITROGÊNIO

Guilherme Jean Gutjahr (Agronomia/PUCPR, guilherme.jean@pucpr.edu.br);
Laís Ribeiro Smek (Agronomia/PUCPR, lais.smek@pucpr.edu.br);
Miguel Decker Francener (Agronomia/PUCPR, miguel.francener@pucpr.edu.br);
Thainá Zanotelli Molinari (Agronomia/PUCPR, thaina.molinari@pucpr.edu.br);
Martios Ecco[5] (Agronomia/PUCPR, ecco.martios@pucpr.br)

Área Temática: Produção Vegetal

Resumo: O estudo teve como objetivo avaliar o desenvolvimento de plantas de aveia preta após a aplicação de nitrogênio no final do perfilhamento. O experimento foi conduzido na área experimental da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, no município de Toledo–PR, utilizando-se o delineamento em blocos ao acaso, composto por cinco tratamentos, sendo respectivamente: 0, 20, 40, 60 e 80 kg de N por ha, e quatro repetições. As variáveis analisadas incluíram, perfilhamento total, número de perfilhos produtivos, porcentagem de acamamento e produtividade estimada. Os resultados indicaram uniformidade na população de plantas entre os tratamentos, sem diferenças significativas, e estabilidade na altura das plantas, sugerindo que as doses de nitrogênio não afetaram o crescimento vegetativo. O comprimento da panícula do colmo principal apresentou maior sensibilidade ao manejo nitrogenado, com resposta máxima estimada próxima de 35 kg ha^{-1} de N. O perfilhamento total aumentou gradualmente com as doses de nitrogênio, enquanto o número de perfilhos produtivos variou de forma limitada, destacando-se o tratamento 3. Os demais componentes de produção não diferiram estatisticamente, embora o tratamento 3 tenha apresentado maior número total de sementes e maior peso total. O acamamento intensificou-se com o aumento do nitrogênio, influenciando negativamente a produtividade estimada. A maior produtividade foi observada no tratamento 3, indicando que doses moderadas de nitrogênio proporcionam melhor equilíbrio entre desenvolvimento, acamamento e rendimento.

Palavras-chave: acamamento; adubação; *Avena strigosa*.

Introdução

A aveia preta (*Avena strigosa*) é uma cultura de grande importância agrícola, especialmente em regiões temperadas, devido às suas propriedades nutricionais e ao seu uso na rotação de culturas. Essa espécie se destaca pela resistência a condições adversas, como baixas temperaturas e solos pobres, sendo uma alternativa viável para os agricultores que buscam diversificar suas produções (Santos *et al*., 2019).

A aplicação de cobertura nitrogenada em lavouras de aveia é uma prática fundamental para maximizar o potencial produtivo da cultura, influenciando diretamente o desenvolvimento vegetativo, a formação de grãos e a qualidade final do produto. O nitrogênio (N) é um nutriente essencial, componente chave de aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos, atuando como um fator limitante primário em muitas condições de cultivo. Portanto, a estratégia de manejo da adubação nitrogenada em cobertura deve ser cuidadosamente planejada, considerando a demanda da aveia em diferentes estádios fenológicos, a disponibilidade do nutriente no solo e a forma de aplicação para garantir a eficiência de uso e minimizar perdas ambientais (Silva *et al*., 2020).

A cobertura nitrogenada tem um impacto significativo na arquitetura da planta de aveia, promovendo maior emissão de perfilhos, alongamento do colmo e desenvolvimento de folhas mais largas (Martins; Oliveira, 2019). No entanto, o excesso ou a aplicação em momentos inadequados podem levar a desuniformidade no desenvolvimento, maior suscetibilidade a doenças e acamamento, além de perdas de N por lixiviação ou volatilização, comprometendo a sustentabilidade do sistema (Ferreira *et al.,* 2015).

Em estudos realizados por Nakagawa *et al*. (1994), sobre épocas de aplicação de N, foi observado a importância da disponibilidade desse nutriente na fase de perfilhamento, para a produção e qualidade fisiológica das sementes produzidas, com destaque para adubações com 20 kg/ha.

Por fim, é uma cultura com potencial crescente no Brasil, especialmente em sistemas agroecológicos e na agricultura familiar. Com o aumento do interesse por práticas agrícolas sustentáveis, a aveia preta pode desempenhar um papel fundamental na promoção da segurança alimentar e na preservação dos recursos naturais (Silva *et al*., 2019).

O principal objetivo desse trabalho é identificar qual a melhor dose de adubação nitrogenada no final do perfilhamento da aveia preta, e como esse fator pode atuar no perfilhamento da cultura, no percentual de acamamento e na produtividade final.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido na fazenda experimental da Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR, *Campus* Toledo, localizado nas coordenadas -24,720635, -53,785933, com altitude aproximada de 550 metros.

A análise de solo da área foi realizada no ano de 2024, sendo observado os teores de nutrientes na tabela 01.

Tabela 01 - Atributos químicos do solo da área, realizado em duas profundidades no ano anterior da implantação do experimento.

Produtividade			pH $CaCl_2$	MO	P	S			
m				g dm^{-3}	_mg dm^{-3}_				
0-0,2			7,67	25,37	11,76	6,88			
0,2-0,4			5,43	16,56	2,31	8,08			
m	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	H+Al	SB	T	V	m
			$mmol_c$ dm^{-3}					%	
0-0,2	0,31	5,08	2,21	0,07	5,35	58,69	12,95	58,69	0,91
0,2-0,4	0,14	3,55	1,67	0,07	4,96	51,94	10,32	51,94	1,29
			B	Cu	Fe	Mn	Zn		
			mg dm^{-3}						
	0-0,2		0,23	4	30,40	27,60	3,70		
	0,2-0,4		0,15	4,80	30,50	16	1,7		

Extrator Mehlich 1: K-P-Fe-Mn-Cu e Zn, Extrator KCl: Ca-Mg-Al, Extrator HCl 0,05 N: B, Extrator Fosfato de Cálcio: S.

Na análise de solo não foi realizado a classificação textural, entretanto, segundo a Embrapa, o solo da região é classificado como Latossolo, sendo o município de Toledo, classificado como LATOSSOLO VERMELHO eutroférrico (Embrapa, 2018).

O experimento teve início dia 15 de agosto de 2025 com a semeadura da cultura de aveia preta sendo a cultivar Embrapa 29 (garoa), com adubação de base 10-15-15. A semeadura e adubação de base, foi realizado a partir de equipamentos mecanizados, sendo trator e semeadora de fluxo contínuo.

A semeadura foi uniforme, sem ocorrência de desalinhamento das linhas de semeadura, tendo boa germinação e desenvolvimento inicial. O delineamento experimental foi realizado no modelo DBC (delineamento de blocos ao acaso), com quatro blocos e cinco repetições, tendo cada parcela uma área 18 m^2, sendo 6 metros de comprimento e 15 linhas de plantio com espaçamento de 17 centímetros. A formação do croqui experimental, conforme observado na (Tabela 02), foi realizado com o auxílio do aplicativo Gexpdes.

Foi realizado a experimentação de diferentes doses de nitrogênio na cultura da aveia preta, sendo respectivamente 0, 20, 40, 60, 80 kg/ha^{-1}. A fonte de N utilizado foi ureia com concentração 45%, aplicado em cobertura no final do perfilhamento das plantas.

Para controle de plantas daninhas, foi utilizado herbicida em dose de bula, de nome comercial Ally. A aplicação foi realizada dia 01 de setembro de 2025, após a emergência da cultura. A dose que foi utilizada foi de 4 gramas por hectare, sendo convertido para área do experimento, foi encontrado 0,12 gramas para 360 m^2.

A aplicação nitrogenada foi realizada no final do perfilhamento, tendo plantas já mais desenvolvidas e com mais quantidade de perfilhos. A aplicação foi realizada no dia 19 de setembro, sendo efetuada de forma manual.

No tratamento 1 não foi realizado a adubação nitrogenada, esse tratamento se caracterizou como testemunha. A primeira dose definida foi de 20 kg por hectare, sendo realizado no T2. Após o T2, foi somado mais 20 kg/ha^{-1} por tratamento, se tornando um valor crescente a cada tratamento, até chegar em 80 kg/ha^{-1}.

Mesmo sendo uma cultura mais resistente a doenças, foi realizado a aplicação de fungicida de forma preventiva, sendo utilizado nativo. Essa aplicação foi realizada no dia 04 de outubro, sendo incrementado nessa mesma aplicação a utilização de inseticida (metomil) também de forma preventiva.

Em tratamentos onde as doses de nitrogênio foram maiores, teve a ocorrência de acamamento, facilitando a entrada de patógenos nas plantas, presenciando doenças como Carvão e Mancha marrom.

Essas doenças impactam diretamente na produção final, obstruindo os grãos e inviabilizando a estrutura reprodutiva. O Carvão é uma doença fúngica, causada por *Ustilago nuda f. sp. tritici*, onde o principal sintoma dessa doença é a deformação completa dos grãos e formação de massa de esporos de coloração marrom-escura. A mancha é causada pelo fungo *Cochliobolus sativus*, sendo possível identificar essa doença pela presenca de lesões pontuais escuras ovaladas que progridem de tamanho com o desenvolvimento (Embrapa, 2012).

Para identificar percentual de acamamento, houve comparação entre as parcelas, usando uma parcela que não teve acamamento como base para gerar um percentual das que teve o acamamento.

A avaliação de número de plantas por metro quadrado foi realizada utilizando trena para fazer a metragem, assim como para altura média das plantas também foi usado trena para comprimento da parte aérea. O perfilhamento total, número de perfilhos produtivos, número de sementes por panícula do colmo principal e por perfilhos e produção por sementes por planta foram efetuadas contagens manuais. A massa de 1.000 sementes do colmo principal e dos perfilhos foi utilizado balança de precisão para maior assertividade da passagem. A porcentagem de acamamento foi realizada um balanceamento entre o tratamento que não teve acamamento com os que teve, indicando um porcentual avaliativo.

A estimativa de produtividade foi realizada de um modo simples para estimar em kg/ha^{-1} a partir de três componentes de rendimento: população de plantas, número de sementes por planta e massa de mil sementes (MMS).

Após a coleta de dados, eles foram tabulados para posterior análise no software Gexpdes, na qual gerou resultados como análise de variância (ANOVA), teste de comparação múltipla de Tukey a 5% de probabilidade, e ajustes de regressão (Kormann *et al*., 2019).

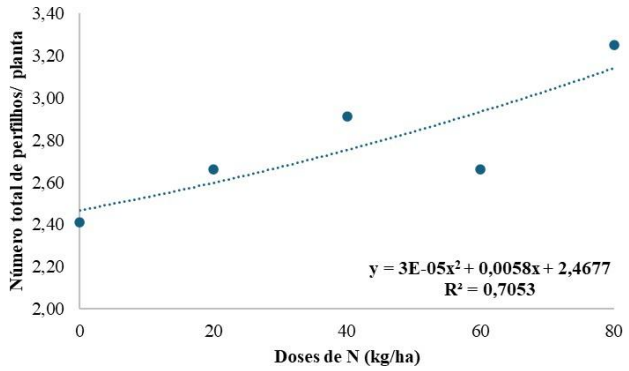
Resultados e Discussão

Pode-se constatar que, em face das condições climáticas favoráveis, a germinação e a emergência das plântulas foram rápidas e uniforme. Durante todo o ciclo houve chuvas regulares e dentro do esperado, fazendo com que o desenvolvimento da cultura ocorresse de forma satisfatória. As diferenças verificadas entre os tratamentos estão ligadas as aplicações de nitrogênio realizadas em diferentes quantidades. O desenvolvimento e maturação da cultura foram uniformes, podendo registrar apenas níveis diferentes de acamamento em diferentes tratamentos devido ao nitrogênio em maior ou menor quantidade.

O gráfico 1, mostra que o número de perfilho por planta tende a aumentar conforme o aumento de nitrogênio, entretanto, o tratamento com 60 kg/ha^{-1}, houve uma

redução de produção de perfilhos. Analisando os resultados obtidos constata-se que é semelhante ao de Nakagawa *et al.* (2000) onde reportaram que variações no número de perfilho com diferentes doses de N tem um crescimento exponencial, sugerindo que há um crescimento linear ótimo de nitrogênio para maximizar o perfilhamento.

Gráfico 1 – Análise de regressão da variável: número total de perfilhos por planta.



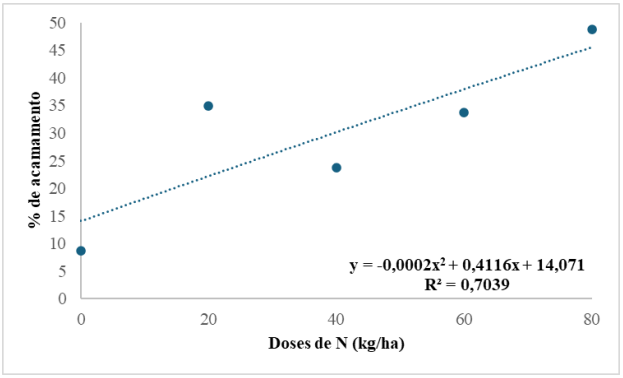
Fonte: os autores, 2025.

O nitrogênio estimula a emissão de gemas basais e o crescimento vegetativo, podendo aumentar o número inicial de perfilhos, esse parâmetro indica a eficiência com que a planta converte perfilhos vegetativos em estruturas reprodutivas, influenciando diretamente na capacidade produtiva da planta, entretanto o excesso de N pode gerar tombamento e redução de produtividade. Conforme Fontaneli et al. (2016), perfilhos improdutivos representam gasto energético sem retorno, reduzindo o potencial produtivo.

A porcentagem de acamamento tende a aumentar conforme se elevam as doses de nitrogênio, pois o N promove maior crescimento vegetativo, maior alongamento dos colmos e maior massa da parte aérea, fatores que reduzem a resistência mecânica da planta ao vento e à chuva.

Conforme o gráfico 2, mostra que quanto maior a dose de nitrogênio, maior a porcentagem de acamamento. Em estudos Nakagawa, Cavariani e Machado (2000) observaram que doses mais altas de nitrogênio resultaram em maior acamamento, intensificando o estiramento do colmo e diminuindo sua rigidez estrutural.

Gráfico 2 – Análise de regressão da variável: porcentagem de acamamento.

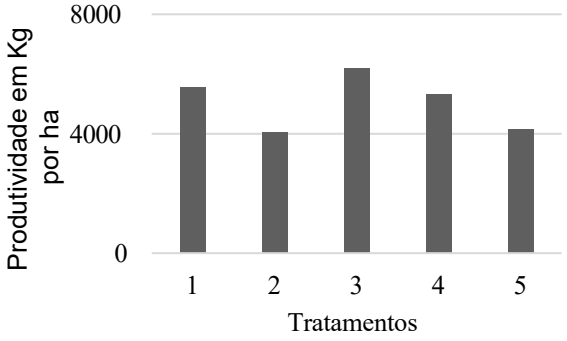


Fonte: os autores, 2025.

De modo geral, quando a adubação nitrogenada ultrapassa o ponto ótimo, o incremento no crescimento vegetativo é maior do que o aumento proporcional na espessura e resistência do colmo, criando um desequilíbrio que facilita o tombamento da planta.

Os resultados do gráfico 3 demonstram que o aumento do acamamento exerce efeito negativo sobre a produtividade, fenômeno descrito na literatura. Conforme Nakagawa, Cavariani e Machado (2000), níveis elevados de acamamento reduzem a interceptação luminosa e dificultam o enchimento de grãos. Os tratamentos 2 e 5 apresentaram produtividades inferiores, corroborando a tendência descrita por Silva *et al.* (2012), segundo os quais oacamamento acima de 30% compromete significativamente o rendimento. Em contrapartida, o tratamento 3, mesmo com acamamento moderado, apresentou a maior produtividade, indicando que, em níveis intermediários, fatores como maior número de panículas e vigor de plantas podem compensar parcialmente os efeitos do tombamento. Dessa forma, os dados confirmam que o acamamento é um fator limitante e que sua intensificação está associada à redução da produtividade.

Gráfico 3 – Dados de porcentagem de acamamento e estimativa de produtividade, nesta ordem.



Fonte: os autores, 2025.

O nitrogênio influenciou significativamente na produção da aveia-preta. O acamamento aumentou fortemente nas maiores doses, quanto maior a dose de nitrogênio maior a porcentagem de acamamento reduzindo a produtividade estimada, que foi máxima no tratamento 3 (40 kg/ha). A dose mais eficiente expressa nos resultados desse experimento foram dos tratamentos 3 e 4 (40 e 60 kg/há), com melhor equilíbrio entre produtividade e risco de acamamento.

Conclusão

A adubação nitrogenada influenciou algumas características agronômicas da aveia preta, especialmente o perfilhamento total.

O acamamento aumentou conforme se elevaram as doses de nitrogênio, afetando negativamente o rendimento final da cultura, especialmente nos tratamentos com 20 e 80 kg ha^{-1}, que apresentaram os maiores percentuais de tombamento e as menores produtividades. Esse comportamento reforça que doses excessivas favorecem crescimento vegetativo exagerado e redução da estabilidade estrutural da planta.

De modo geral, os tratamentos 3 (40 kg ha^{-1}) e 4 (60 kg ha^{-1}) apresentaram o melhor equilíbrio entre perfilhamento e níveis moderados de acamamento, configurando-se como as doses mais adequadas para as condições do experimento. Assim, conclui-se que a aplicação de doses intermediárias de nitrogênio proporciona maior eficiência produtiva e menor risco agronômico na cultura da aveia-preta.

Referências

ALMEIDA, J. R.; SANTOS, T. G.; SILVA, M. A. Efeito da aveia preta na supressão de plantas daninhas em sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Agricultura**. 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s0100 83582007000300006. Acesso em: 08 set. 2025.

COSTA, L. F. Valor nutritivo da aveia preta para ruminantes. **Revista de Zootecnia**. 2012. Disponível em: https://core.ac.uk/download/pdf/45509816.pdf. Acesso em: 08 set. 2025.

EMBRAPA. **Manual de identificação de doenças de trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. Disponível em: https://share.google/RVoqq9vg4MYUAXuTL. Acesso em: 21 nov. 2025.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS)**. Disponível em: https://www.embrapa.br/solos/sibcs. Acesso em: 19 nov. 2025.

FERREIRA, L. M.; SANTOS, P. R.; ALMEIDA, J. R. Manejo da adubação nitrogenada em aveia: eficiência e sustentabilidade. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 19, n. 1, p. 55-63, 2015. Disponível em: https://scholar.google.com/scholar?hl=pt BR&as_sdt=0%2C5&q=manejo+da+aduba%C3%A7%C3 %A3o+nitrogenada+e m+aveia+efici%C3%AAncia+e+ sustentabilidade+&btnG=#d=gs_qabs&t=17574 60623208 &u=%23p%3DVmbCpaDLdjAJ. Acesso em: 08 set. 2025.

KORMANN, R.; MASSAD, E.; PAIXÃO, C. A.; FERREIRA, E. B.; NOGUEIRA, D. A. **GExpDes:** Interface Gráfica para o ExpDes. SIGMAE, v. 8, p. 170-179, 2019.

MARTINS, R. A.; OLIVEIRA, L. J. Impacto do nitrogênio no desenvolvimento foliar e na produtividade da aveia. **Alimentos e Nutrição**, v. 31, n. 2, p. 112 119, 2019.

MARTINS, R. A.; OLIVEIRA, L. J.; PEREIRA, A. M. Propriedades funcionais da aveia preta: uma revisão. **Alimentos e Nutrição**, 2021.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; MACHADO, J. R. **Adubação nitrogenada no perfilhamento da aveia-preta (*Avena strigosa*) em duas condições de fertilidade do solo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1071–1080, jun. 2000.

OLIVEIRA, H. S.; SANTOS, P. R.; SILVA, T. J. A importância da aveia preta na rotação de culturas. **Revista de Ciências Agrárias**, 2020.

PEREIRA, D. C.; SANTOS, E. R.; ALMEIDA, F. A. Recuperação de áreas degradadas com aveia preta. **Revista Brasileira de Ecologia**, 2021.

SANTOS, A. C.; SILVA, F. R.; MARTINS, J. P. Cultivo da aveia preta**:** uma alternativa sustentável. **Revista de Agricultura Sustentável**, 2019.

SILVA, M. E.; COSTA, R. T.; OLIVEIRA, J. A. Nitrogênio na cultura da aveia: efeitos no rendimento e qualidade. **Revista Brasileira de Agricultura**, v. 15, n. 3, p. 201-208, 2020.

SILVA, M. E.; COSTA, R. T.; OLIVEIRA, J. A. O papel da aveia preta na agricultura familiar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 2019.

CONTROLE DE *Meloidogyne incognita* EM QUIABEIRO COM ENCAPSULADO DE *Pycnoporus sanguineus*

Samara do Nascimento Villiares (Agronomia/Unioeste, samara.villiares@unioeste.br),
Leticia Milena Ferreira Bianchini (PPGA/Unioeste, leticia.bianchini1@unioeste.br),
Sabrina dos Santos Matos (PPGA/Unioeste, sabrina.matos@unioeste.br),
José Renato Stangarlin (PPGA/Unioeste, jose.stangarlin@unioeste.br),
Odair José Kuhn (PPGA/Unioeste, odair.kuhn@unioeste.br).

Área Temática: Produção Vegetal

Resumo: Os nematoides formadores de galhas, como *Meloidogyne incognita*, representam um dos principais problemas fitossanitários nas hortaliças em cultivo orgânico, fazendo-se necessário desenvolver métodos de controle alternativos. Neste sentido está o uso de fungos basidiomicetos, como *Pycnoporus sanguineus*, que tem apresentado potencial para o controle de doenças em plantas. O objetivo deste trabalho foi utilizar pó encapsulado de basidiocarpo de *P. sanguineus* para controle de *M. incognita* em quiabeiro. O experimento foi conduzido em vasos em casa de vegetação, em delineamento blocos casualizados, com seis tratamentos e seis repetições. Mudas de quiabeiro foram transplantadas em vasos de 2 L com solo infestado com *M. incognita*, onde, no momento do transplante, foram adicionados zero, 100, 200, 300, 400 e 500 mg de pó de basidiocarpo encapsulado por cova. Após 60 dias foram avaliadas as variáveis nematológicas (número de galhas, massa de ovos, ovos + J2 na raiz e ovos + J2 no solo). Houve redução de até 14% no número de galhas para a maior concentração utilizada. Para massas de ovos e número de ovos e juvenis de segundo estádio (J2) em raiz não houve efeito significativo dos tratamentos. Por outro lado, para número de J2 no solo houve redução de até 56% em relação à testemunha para a maior concentração. Estes resultados indicam o potencial de *P. sanguineus* encapsulado como forma de tratamento de quiabeiro em áreas infestadas com o nematoide *M. incognita*.

Palavras-chave: controle alternativo; nematoide das galhas; *Abelmoschus esculentus*.

Introdução

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench), pertence à família Malvaceae (Galati, 2010). Diversos problemas fitossanitários podem prejudicar o desenvolvimento e a produção do quiabeiro, como as doenças causadas por nematoides. Em relação ao quiabeiro, dentre os mais prejudiciais à cultura destacamse os formadores de galhas do gênero *Meloidogyne* (Brunelli-Braga *et al*., 2016). No caso do quiabeiro não há nenhum nematicida registrado para esta cultura (Agrofit, 2025).

Os nematoides representam um dos patógenos mais problemáticos para as plantas, pois sua alimentação e reprodução acontecem em plantas vivas, dentro de raízes ou até mesmo na parte aérea, prejudicando fortemente o desenvolvimento vegetal (Nunes, Monteiro; Pomela, 2010).

Dessa forma, torna-se necessário o desenvolvimento de métodos de controle alternativos, como nematicidas biológicos, elaborados a partir de fungos basidiomicetos, como *Pycnoporus sanguineus*. Popularmente conhecido como orelha-de-pau, o fungo *P. sanguineus* pertence ao filo Basidiomycota e família *Polyporaceae* (Cruz Muñoz *et al*., 2015). Tasca *et al*. (2022) afirmam que o extrato aquoso de *P. sanguineus* demonstra potencial para o controle de *M. incognita* em soja, sendo possível que a resistência seja induzida em plantas de forma que não acarrete custos metabólicos para elas.

O objetivo deste trabalho foi utilizar pó encapsulado de basidiocarpo de *P. sanguineus* para controle de *M. incognita* em quiabeiro.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação em vaso com substrato solo (LATOSSOLO Vermelho Eutroférrico): areia: composto orgânico (6:3:1), infestado com *M. incognita* (2.000 ovos + juvenis de segundo estádio (J2) por vaso). Os basidiocarpos de *P. sanguineus* foram secos em estufa a 40 ºC e triturados em liquidificador até se obter o pó, o qual foi encapsulado em cápsulas de gelatina com capacidade de 100 mg.

O delineamento experimental foi blocos casualizados com seis tratamentos e seis repetições. Foram testadas seis concentrações: zero,100, 200, 300, 400 e 500 mg do pó por cova. Imediatamente após a deposição das cápsulas com o pó, foi realizado o transplante das mudas de quiabo.

O experimento foi conduzido por 60 dias, quando foram feitas as avaliações nematológicas:

a) Número de galhas: as raízes foram lavadas com água para facilitar a contagem e, após limpas foi utilizada uma lupa de mesa para fazer a contagem do número de galhas;

b) Massa de ovos: as raízes lavadas foram coradas com Floxina B (15 mg L^{-1}) e 20 min depois, foram lavadas para retirar o excesso de corante. Com o auxílio de uma

lupa de mesa foram quantificadas as massas de ovos conforme a metodologia de Taylor e Sasser (1978);

c) Ovos + J2 na raiz: foi utilizada a metodologia descrita por Coolen e D'Herde (1972). As raízes foram previamente limpas e retiradas 10 g, as quais foram trituradas por 30 segundos em liquidificador em potência máxima com água destilada e hipoclorito de sódio (NaOCl) (0,5%) para dissolver a massa de ovos. A suspensão foi vertida em peneiras de 48 e 400 mesh e o conteúdo retirado foi levado a tubos de centrífuga. Os tubos foram centrifugados a 1750 rpm por 5 min com água destilada, e depois foi adicionado sacarose (454 g L^{-1}) e centrifugado em mesma rotação por 1 min. O conteúdo foi vertido em béquer e quantificado em microscópio ótico usando câmara de Peters;

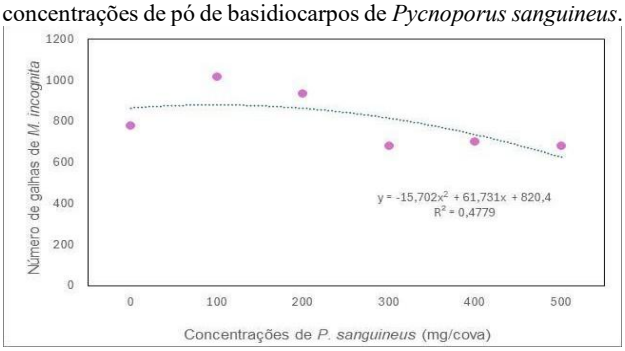
d) Ovos + J2 no solo: foram coletados 100 cm^3 de solo, de cada parcela experimental para serem destorroados em 1 L de água para obter a suspensão de nematoides (Jenkins, 1964). A água foi vertida em peneiras de 20, 40 e 400 mesh sobrepostas. Os nematoides foram colocados em tubos e levados a centrifugação duas vezes: a primeira com água por 5 min e a segunda com solução de sacarose (454 g L^{-1}) por 1 min, ambos a 1750 rpm. Os nematoides foram contados em microscópio ótico usando câmara de Peters.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e análise de regressão, utilizando o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).

Resultados e Discussão

Os resultados para o número de galhas podem ser observados na Figura 1. Houve redução de até 14% no número de galhas para a maior concentração utilizada.

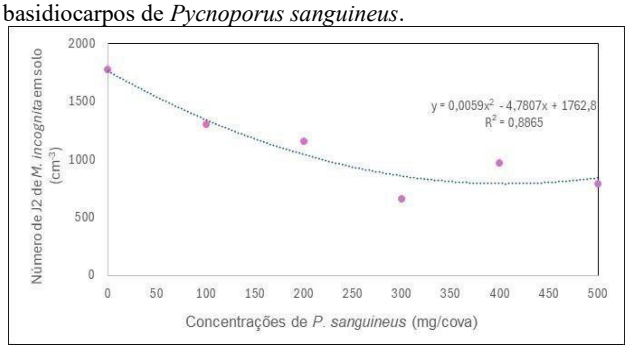
Figura 1 - Número de galhas de *M. incognita* em raiz de quiabeiro tratado na cova com encapsulado contendo diferentes concentrações de pó de basidiocarpos de *Pycnoporus sanguineus*.



Para as variáveis número de massas de ovos, número de juvenis de segundo estádio (J2) em raiz, número de ovos em raiz e número de ovos no solo os resultados não foram significativos.

Para número de J2 no solo, houve redução de até 56% em relação à testemunha para a maior concentração utilizada (Figura 2).

Figura 2 - Número de juvenis de segundo estádio (J2) de *M. incognita* no solo onde foi cultivado quiabeiro tratado na cova com encapsulado contendo diferentes concentrações de pó de basidiocarpos de *Pycnoporus sanguineus*.



A redução no número de galhas observada na Figura 1, até 14%, indica que o pó encapsulado de *Pycnoporus sanguineus* exerceu efeito sobre a interação entre *M. incognita* e o sistema radicular do quiabeiro. Esse resultado sugere que o produto pode atuar de forma indireta, possivelmente por meio da modulação da infecção inicial do nematoide ou pela interferência no estabelecimento dos sítios de alimentação. Resultados semelhantes foram relatados por Tasca *et al*. (2022), que observaram efeito de extratos de *P. sanguineus* na redução de danos causados por *M. incognita*, associando esse efeito à possível indução de resistência nas plantas hospedeiras. Nesse contexto, a menor intensidade de resposta pode estar relacionada ao modo de aplicação (pó encapsulado), à liberação gradual dos compostos ativos ou à necessidade de maiores concentrações para maior eficácia no controle direto do nematoide.

Por outro lado, os resultados da Figura 2 evidenciam redução mais expressiva na população de juvenis de segundo estádio (J2) no solo, atingindo até 56% na maior concentração. Esse efeito sugere que os compostos presentes em *P. sanguineus* podem atuar diretamente sobre formas livres do nematoide no solo, reduzindo sua viabilidade ou mobilidade. Fungos basidiomicetos são conhecidos pela produção de enzimas extracelulares e metabólitos com atividade biológica, que podem afetar organismos do solo, incluindo nematoides (Cruz Muñoz *et a*l., 2015). Além disso, substâncias derivadas desses fungos podem interferir em processos fisiológicos essenciais, como eclosão, locomoção e sobrevivência dos juvenis.

A diferença de resposta entre as variáveis avaliadas, com menor efeito sobre galhas e maior sobre J2 no solo reforça a hipótese de que o principal mecanismo de ação do produto

esteja relacionado ao ambiente edáfico, atuando antes da penetração do nematoide na raiz. Esse comportamento também pode indicar que o encapsulamento favorece a liberação dos compostos no solo, aumentando sua interação com os juvenis livres. Estudos com agentes biológicos indicam que a eficácia no controle de nematoides depende da capacidade do produto em atuar nas fases mais suscetíveis do ciclo de vida, especialmente na fase de vida livre no solo (Sanchez Viveros *et al*., 2021).

Conclusão

Estes resultados indicam o potencial de *P. sanguineus* encapsulado como forma de tratamento de quiabeiro em áreas infestadas com o nematoide *M. incognita*, reduzindo o número de galhas e o número de J2 no solo.

Referências

AGROFIT (2025). Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 18 set. 2025.

BRUNELLI-BRAGA, K. R.; GIORIA, R.; MASSOLA JR., N. S.; BEDENDO, I. P. Doenças do quiabeiro. *In*: AMORIM, L.; RESENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (eds.). Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. Ouro Fino. **Agronômica Ceres,** p. 625-628, 2016.

COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. A method for quantitative extraction of nematodes from plant tissue. **Ghent:** State Nematology and Entomology Research Station. 1972.

CRUZ MUÑOZ, R.; PIÑA-GUZMÁN, A. B.; YÁÑEZ FERNÁNDEZ, J.; TORO, V. D.; BAUTISTA-BAÑOS, S.; VILLANUEVA ARCE, R. Producción de pigmentos de *Pycnoporus sanguineus* en medio de cultivo sólido. **Agrociência**, v. 49, p. 347-359, 2015.

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

GALATI, V. R. **Crescimento e acúmulo de nutrientes em quiabeiro 'Santa Cruz 47'.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, 2010.

JENKINS, W. R. A centrifugal-flotation technique for separating from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, p. 692, 1964.

NUNES, H. T.; MONTEIRO, A. C.; POMELA, A. W. V. Uso de agentes microbianos e químico para o controle de *Meloidogyne incognita* em soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, p. 403-409, 2010.

SANCHEZ VIVEROS, G.; VIDAL-MARTÍNEZ, N. A.; SÁNCHEZ-PALE, R.J.; GONZÁLEZ-MENDOZA, D.; ARGUMEDO-DELIRA, R.; CHIQUITO-CONTRERAS, R.; SANCHEZ-VIVEROS, G. Microrganismos doenças fúngicas presentes na cafeicultura (Coffeaantagonistas: uma alternativa para o controle biológico de arabica L.). **ITEA-Información Técnica Económica Agraria**, v. 117, p. 214-226, 2021.

TASCA, G. P.; BRITO, O. D. C.; STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J. Control of *Meloidogyne incognita* in soybean plants with *Pycnoporus sanguineus* extract. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 21, p. 258-262, 2022.

TAYLOR, A. L.; SASSER, J. N. Biology, identification and control of root-knot nematodes *(Meloidogyne sp.)*. **Raleigh: North Carolina State University**, 1978.

EFICIÊNCIA DE ESTRATÉGIAS QUÍMICAS E MECÂNICAS NO CONTROLE DE CAPIM-AMARGOSO (*Digitaria insularis*) EM ESTÁDIO REPRODUTIVO

Fabrício Luan Weber (AGRONOMIA/PUC-PR, fabricio.weber@pucpr.edu.br), Gabriel Henrique Paris (AGRONOMIA/PUC-PR, paris.gabriel@pucpr.edu.br), Gabriel Vinicius Schneider (AGRONOMIA/PUC-PR, schneider.g@pucpr.edu.br) Jacir Daga (DOCENTE/PUC-PR, jacir.daga@pucpr.edu.br), Lucas Barbosa (AGRONOMIA/PUC-PR, l.barbosa4@pucpr.edu.br), Ricardo Leguari (AGRONOMIA/PUC-PR, ricardo.leguari@pucpr.edu.br)

Área Temática: Produção vegetal

Resumo: O capim-amargoso (*Digitaria insularis*) destaca-se como uma das principais plantas daninhas de difícil controle na agricultura brasileira, especialmente devido à resistência ao glyphosate e à elevada capacidade de rebrota. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de diferentes estratégias de manejo químico e mecânico no controle dessa espécie em estádio reprodutivo. O experimento foi conduzido na PUCPR – Campus Toledo, em delineamento de blocos casualizados, com 10 tratamentos e 2 repetições, envolvendo aplicações isoladas e sequenciais de herbicidas, além da associação com roçagem. A avaliação foi realizada aos 14 dias após a aplicação, por meio de estimativa visual de controle em porcentagem, utilizando escala de 0 a 100%. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Os resultados evidenciaram diferença estatística significativa entre os tratamentos, com coeficiente de variação de 5,04%, indicando boa precisão experimental. Os resultados indicaram que os maiores níveis de controle foram obtidos com aplicações sequenciais de herbicidas com mecanismos distintos, destacando-se o tratamento com glyphosate + cletodim seguido de glufosinato + cletodim, com 95% com classificação (a) de controle. Nos tratamentos com roçagem, o melhor desempenho foi observado na associação com glufosinato + cletodim, atingindo 96% com classificação (a) de controle. Por outro lado, tratamentos com herbicidas de ação exclusivamente de contato apresentaram menor eficiência, devido à limitada translocação e controle das estruturas subterrâneas. Os resultados reforçam a importância do manejo integrado, com uso de herbicidas sistêmicos associados a estratégias sequenciais ou à roçagem, visando maximizar o controle e reduzir a rebrota da espécie.

Palavras-chave: plantas daninhas; resistência; herbicidas; manejo integrado; rebrota.

Introdução

O capim-amargoso *(Digitaria insularis*) é espécie perene nativa de regiões tropicais e subtropicais do continente americano, considerada planta C4 e possui rizomas subterrâneos, onde é frequentemente encontrado em áreas cultivadas, terras abandonadas, pastagens, pomares, e também em áreas ruderais como margens de rodovias e terrenos baldios (Machado *et al*., 2008).

Nas últimas décadas, principalmente após o início do sistema plantio direto, esta espécie vem apresentando maior relevância dentro da agricultura brasileira, tendo aumento de ocorrências devido às suas características de agressividade, entre elas a capacidade de formação de rizomas, curtos, porém evidentes, formando grandes touceiras, alta capacidade de disseminação de sementes praticamente durante todo o verão (Clayton *et al*., 2006).

Devido à grande utilização de glyphosate nas culturas de milho e soja, várias espécies de plantas daninhas foram relatadas com resistência ao glyphosate, com destaque o capim-amargoso (Heap 2018). A translocação limitada do herbicida, a degradação rápida do glyphosate e alterações de dois aminoácidos na enzima EPSPS foram os responsáveis pela resistência dessa espécie daninha ao este herbicida (Carvalho *et al*., 2012).

Segundo Oliveira (2020), o aumento do uso desse herbicida e práticas inadequadas em sistemas agrícolas ajudou para o surgimento de populações com resistência múltipla, exigindo a adoção de estratégias alternativas de manejo, tornando o controle mais difícil e caro.

Além da resistência, outro fator que agrava o problema é a capacidade do capim-amargoso rebrotar após a aplicação de herbicidas ou praticas mecânicas. Pesquisas demonstram que, mesmo com interferência química as plantas perenes podem resistir e voltar a se desenvolver, dificultando o controle (Pertenela *et al*., 2014).

O objetivo do trabalho foi analisar o melhor controle com diferentes tipos de herbicidas, e utilizando manejos diferentes como mecânicos associados a químicos e químicos com sequencial para analisar o melhor controle do capim amargoso.

Material e Métodos

O experimento teve o início dia 20/03/2026 e foi conduzido até o dia até dia 11 de abril. O trabalho foi conduzido na Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR, *Campus* Toledo, localizado nas coordenadas -24,720635, -53,785933.

O delineamento experimental foi realizado no modelo DBC (delineamento de blocos casualizados), com 10 tratamentos e 2 repetições onde cada parcela possui uma área de 15 m², totalizando 300 m².

As aplicações no capim amargoso foram realizadas com uma bomba costal disponibilizada pela fazenda experimental, utilizando os EPIs necessários, as dosagens

dos produtos foram feitas de acordo com a dose mais alta recomendada para a planta daninha na bula, de acordo com os herbicidas aplicados, e foi adicionado 1 ml de óleo mineral para cada 1 litro de calda. A roçagem do capim amargoso foi realizada com uma roçadeira a combustão de faca, fazendo uma roçagem uniforme em toda parcela.

No dia 20/03/2026 foi começado a ser feitas as aplicações e as roçagens nos tratamentos, o capim amargoso estava no estadio reprodutivo em todas as parcelas. Os tratamentos T1 à T5 foram feitas as primeiras aplicações. Já as parcelas dos tratamentos T6 à T10 foram roçadas aproximadamente a 3 centímetros acima do solo.

No dia 28/03/2026 foi feito as aplicações sequenciais nas parcelas T1 à T5. E foi feito as primeiras aplicações nas parcelas T6 à T10, as parcelas estavam rebrotadas com um tamanho de 20 centímetros.

Tabela 1 - Manejos de aplicação (AP) e roçagem feitos nos tratamentos aonde, Glifosato (GLI), Cletodim (C), Glufosinato (GLU), Diquat (DIQ) e Soberan (SO).

Tratamento	Primeiro manejo	Segundo manejo
T1	AP. de GLI+C	AP. de GLU+C
T2	AP. de GLU+C	AP. de GLI+C
T3	AP. de GLU+C	AP. de DIQ
T4	AP. de GLI+C	AP. de DIQ
T5	AP. de C	AP. de SO+GLU
T6	Roçagem	AP. de GLI+C
T7	Roçagem	AP. de GLU+C
T8	Roçagem	AP. de SO+GLU
T9	Roçagem	AP. de DIQ
T10	Roçagem	AP. de SO

A avaliação da eficácia do controle foi realizada no dia 11/04/2026. Foi analisada cada tratamento por vez, para ter um resultado mais preciso. Foi realizada avaliação do percentual visual de controle aos 14 dias após a aplicação (DAA), onde 0 representava ausência total de sintomas e 100 morte da planta, conforme escala da Sociedade Brasileira de Ciências das Plantas Daninhas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando constatada diferença significativa entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos no presente estudo demonstram diferenças estatísticas no teste Scott-Knott significativas na eficácia de controle do capim-amargoso em função dos manejos adotados, especialmente quanto ao uso de aplicações sequenciais e à combinação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação.

Observa-se que o T1 apresentou um dos melhores controles de capim amargoso (Tabela 2), utilizando a mistura de glifosato com cletodim e a sequencial de glufosinato com cletodim, este manejo teve 95% de controle classificado como (a), sendo constatado apenas algumas plantas com talo verde nas parcelas.

A utilização de glifosato e cletodim na primeira aplicação teve bom resultado pois apresenta efeito sinérgico. O glifosato atua inibindo a enzima EPSPS, interferindo na síntese de aminoácidos essenciais, enquanto o cletodim inibe a ACCase, comprometendo a formação de lipídios, crescimento de gramíneas e ocorrendo o coração morto (Oliveira *et al*., 2011)

Tabela 2 - Controle da aplicação de diferentes tipos de herbicida no capim amargoso com aplicação sequencial.

Tratamentos	Controle com duas aplicações T1
	95 a
T2	88 b
T3	65 e
T4	72 d
T5	80 c
CV% 5,04	

Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença significativa a 5% pelo teste Scott-Knott. CV% indica o coeficiente de variação nos resultados obtidos no trabalho.

Esse resultado evidencia a elevada eficiência do uso de herbicidas com mecanismos de ação distintos aplicados de forma sequencial (Barroso *et al.,* 2014).

O cletodim apresenta elevada eficácia de controle em gramíneas, inclusive resistentes a glifosato, contribuindo para o controle. Segundo Garcia (2023), a associação entre glifosato e cletodin é importante principalmente devido a dificuldade de controle dessa espécie em estádios mais avançados e à ocorrência de resistência ao glifosato.

Devido a ocorrência de rebrota a aplicação sequencial de glufosinato + cletodin se torna essencial pois o glufosinato possui ação de contato, promovendo acumulo de amônia e rápida necrose dos tecidos, destruindo parte aérea das plantas daninhas, já o cletodin associado com o glufosinato vai atuar de forma sistêmico, sendo translocado para as regiões meristemáticas, atingindo o ponto de crescimento e reduzindo a capacidade de rebrota

Resultados semelhantes foram observados por Melo *et al*. (2012), que destacam a associação de glifosato com graminicidas, como o cletodim, seguida por aplicações complementares, proporciona excelente controle do capim-amargoso, inclusive em biótipos resistentes.

O T2 apresentou controle de 88%, também considerado elevado, porém classificado como (b), redução significativa no controle comparado com o T1, reforçando a importância da alternância de mecanismos de ação. A inversão da sequência manteve boa eficiência, indicando que o uso combinado de herbicidas com diferentes mecanismos de ação é fundamental para maximizar o controle e reduzir a sobrevivência de plantas. Segundo estudos, o uso isolado de glifosato não é eficiente no controle de populações resistentes, sendo necessária a associação com outros herbicidas (Ogliari, 2020).

O T3 teve controle de apenas 65% das plantas apresentando alta quantidade de rebrote, classificado como (e), apresentando o pior resultado entre os 5 primeiros tratamentos na Tabela 2, esse resultado ruim pode ter ocorrido devido o antagonismo pois o glufosinato é um herbicida de ação de contato e foi misturado com o cletodim que age de forma sistêmica, podendo reduzir a translocação do cletodim devido a necrose rápida limitando o transporte do herbicida sistêmico dentro da planta.

Na aplicação sequencial com diquat o problema aumenta, porque o diquat também é um herbicida de ação de contato, ocorrendo apenas a queima das folhas sem translocação para os rizomas, ocorrendo alta capacidade de rebrote pois apenas queima a planta e favorece o rebrote seguinte (Barroso *et al*., 2014)

O T4 (glifosato + cletodim seguido de diquat) apresentou controle de aproximadamente 72% com classificação (d), sendo um controle intermediário. Foi observado poucos rebrotes, indicando que houve um bom efeito inicial sobre as plantas, porém sem eliminação total.

A baixa ocorrência de rebrota sugere que a aplicação inicial com glifosato + cletodim foi eficiente em comprometer o sistema metabólico da planta, afetando tanto a síntese de aminoácidos quanto a produção de lipídios, o que reduz significativamente o vigor do capim-amargoso (Barroso *et al*., 2014).

A aplicação sequencial com diquat contribuiu para a rápida dessecação da parte aérea, o que explica o baixo número de rebrotes visíveis. Contudo, por ser um herbicida de ação exclusivamente de contato, o diquat não possui capacidade de translocação até as estruturas subterrâneas, como rizomas e gemas basais. Dessa forma, mesmo com aparência inicial de controle satisfatório, algumas plantas ainda mantêm viabilidade e conseguem rebrotar posteriormente (Rodrigues; Almeida, 2011).

O tratamento T5 (cletodim seguido de soberan + glufosinato) apresentou controle de aproximadamente 80% classificado como (c), sendo superior ao T4, mais inferior as classificações (a,b). No entanto, foi observado que as plantas apresentavam porte elevado, com algumas folhas e talos ainda verdes, porém sem ocorrência de rebrota.

Esse comportamento indica que houve controle eficiente dos pontos de crescimento, impedindo a emissão de novas brotações, o que explica a ausência de rebrota. Por outro lado, a presença de tecidos ainda verdes sugere que o controle não foi completamente uniforme em toda a planta.

A aplicação inicial com cletodim atuou no controle das gramíneas, afetando o crescimento meristemático. Já a aplicação sequencial com glufosinato promoveu necrose rápida da parte aérea. Já o soberan, segundo Grossmann e Ehrhardt (2007), a inibição da síntese de carotenoides causada pela ação do herbicida leva à decomposição da clorofila pela luz, como resultado da perda da fotoproteção fornecida pelos carotenoides. Esse fato resulta na degradação oxidativa da clorofila e, em casos mais extremos, na oxidação das membranas celulares.

Tabela 3 - Controle da aplicação de diferentes tipos de herbicida no capim amargoso com roçagem.

Tratamentos	Controle com roçagem e 1 aplicação
T6	55 f
T7	96 a
T8	83 c
T9	78 c
T10	40 g
CV%	5,04

Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença significativa a 5% pelo teste Scott-Knott. CV = coeficiente de variação.

Nos tratamentos com roçagem (T6 a T10), observa-se que o manejo mecânico associado ao químico pode contribuir para o controle, principalmente quando há aplicação após a rebrota. A roçagem reduz a biomassa aérea e estimula a emissão de novos tecidos mais sensíveis aos herbicidas, porém o sucesso depende do momento da aplicação (Correia, 2023).

O T6 (roçagem + aplicação de glifosato + cletodim) apresentou baixo controle de 55% com classificação (f), demonstrando que a aplicação de herbicidas sistêmicos após a rebrota é uma estratégia que pode ser eficiente, mas como a planta já é tolerante ao glifosato não obteve um bom controle (Melo *et al*., 2012).

No tratamento T7 (roçagem + glufosinato + cletodim), o controle foi o mais eficiente com 96% de controle, classificado no grupo (a) um dos melhores controles. Isso pode ser explicado pela ação do glufosinato, que é um herbicida de contato, e a associação com cletodim melhora o controle. Isso ocorre porque, após a roçagem, a planta emite novos tecidos com alta atividade metabólica, favorecendo a absorção e translocação do herbicida até os meristemas.

Um dos estudos mais claros é o de Guimarães *et al*. (2017), que avaliou o uso de roçagem associada a herbicidas. Os autores observaram que a roçagem altera o estádio da planta, favorecendo o controle posterior com herbicidas. Assim explicando o nível elevado do controle.

O tratamento T8 (roçagem + soberan + glufosinato) apresentou controle intermediário para bom controle de 83%, do grupo (c). Esse resultado pode estar relacionado à predominância de herbicidas de ação de contato no manejo, que, apesar de eficientes na dessecação inicial, apresentam menor eficiência no controle de plantas perenes como o capim-amargoso. Segundo Barroso *et al.* (2014), herbicidas de contato têm dificuldade em controlar completamente plantas com sistema radicular desenvolvido, devido à baixa translocação.

Já o T9 (roçagem + diquat) apresentou controle reduzido de 78%, classificado como (c). O diquat é um herbicida de contato com ação rápida, promovendo dessecação da parte aérea, porém sem ação sistêmica. Dessa forma, não há controle efetivo das estruturas subterrâneas, permitindo que a planta rebrote rapidamente após a aplicação. Esse comportamento é muito descrito na literatura, especialmente para espécies perenes. Apesar de causar rápida necrose da parte aérea, pode não atingir completamente os tecidos meristemáticos e estruturas subterrâneas, permitindo a rebrota (Peternela *et al*., 2014).

O T10 (roçagem + soberan) apresentou o menor nível de controle entre os tratamentos com roçagem com 40%, classificado como (g) o pior tratamento comparando com os outros. Esse resultado se dá pelo funcionamento do herbicida, que controla melhor plantas não perenes ou com menor porte, as plantas apresentavam sintomas do herbicida, porém não obteve o controle com morte das plantas. Assim, mesmo com a redução inicial da biomassa promovida pela roçagem, a planta mantém sua capacidade de regeneração devido às reservas presentes nos rizomas.

Outro fator importante é o momento da aplicação do herbicida após a roçagem. Estudos indicam que a aplicação

deve ser realizada apenas quando a planta apresenta rebrota suficiente (com 20 a 30 cm), pois nessa fase há maior área foliar e atividade metabólica, favorecendo a absorção e translocação dos herbicidas sistêmicos (Basf, 2023). O coeficiente de variação (CV) apresentou uma porcentagem de 5,04%, indicando boa precisão experimental e maior confiabilidade nos resultados (Pimentel, 2009).

Além disso, o controle reduzido em alguns tratamentos pode ser explicado pela baixa eficiência de aplicações únicas. Trabalhos demonstram que aplicações isoladas de herbicidas, mesmo com graminicidas eficientes, não são suficientes para eliminar completamente o capim-amargoso, havendo ocorrência significativa de rebrota após alguns dias (Souza *et al*., 2020).

Conclusões

O controle eficiente do capim-amargoso requer um manejo planejado que integre métodos químicos e mecânicos. Destaca-se a eficácia de aplicações sequenciais de herbicidas com diferentes mecanismos de ação; sem roçagem, a associação de glyphosate + cletodim seguida de glufosinato + cletodim é a estratégia mais eficiente. A roçagem mecânica, combinada com a aplicação de glufosinato + cletodim na rebrota, aumenta significativamente a eficácia do controle. Por fim, o baixo coeficiente de variação (5,04%) confirma a precisão e a confiabilidade dos dados obtidos.

Referências

BASF. **Capim-amargoso: manejo e controle**. 2023.

BARROSO, A. A. M. Caracterização genética e foliar de capim-amargoso resistente ao herbicida glyphosate e eficácia de seu controle com associação de herbicidas. 2014.

CARVALHO, L.B.; ALVES, P. L. C. A.; GONZÁLEZ-TORRALVA, F.; CRUZ-HIPOLITO, H. E.; ROJANO-DELGADO, A. M.; DE PRADO, R.; GIL-HUMANES, J., BARRO, F.; DE CASTRO, M. D. Pool of resistance mechanisms to glyphosate in *Digitaria insularis*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60 p. 615-622, 2012.

CARVALHO, S. J. P. Estádio fenológico do capim-amargoso e eficácia do glufosinato de amônio. **Weed Control Journal**, 2021.

CLAYTON, W.D.; *et al*. GrassBase. **The Online World Grass Flora**, 2006.

CORREIA, N. M. Estratégias de manejo químico de capim-amargoso resistente ao glifosato. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2023.

GARCIA, M. V. Cardoso. **Efeito do glifosato e cletodim no controle do capim-amargoso**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, 2023.

GROSSMANN, K.; EHRHARDT, T. On the mechanism of action and selectivity of the corn herbicide topramezone: a new inhibitor of 4- hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. **Pest Manag**., v. 63, n. 3, p. 429-439, 2007.

GUIMARÃES, J. L. N. et al. Alternativas de manejo de capim-amargoso (*Digitaria insularis*). **Multi-Science Journal**, 2017.

HEAP, I. **The international survey of herbicide** resistance. 2018.

MACHADO, A. F. L., MEIRA, R. M. S., FERREIRA, L. R., FERREIRA, F. A., TUFFI SANTOS, L. D., FIALHO, C. M. T., & MACHADO, M. S. (2008). Anatomical characterization of the leaf, stem and rhizome of Digitaria insularis. **Planta Daninha**, 26(1), 1-8.

MELO, M. S. C.; *et al*. Alternativas para o controle químico de capim-amargoso resistente ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 2, p. 195–203, 2012.

MH**, Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba. Omnipax. p.141-192.

MOREIRA, H. D. C.; BRAGANÇA, H. B. N. **Manual de** identificação de plantas infestantes: cultivos de verão. Campinas: FMC, 2010.

OGLIARI, M. L. **Controle de capim-amargoso resistente ao glifosato com associação de herbicidas**. 2020.

OLIVEIRA, R. S. **Mecanismo de Ação de Herbicidas** Porto Alegre, RS: Constantin J & Inoue, 2011.

PETERNELA, A.; *et al*. Eficiência de herbicidas na supressão de rebrote de touceiras de capim-amargoso. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, n. 1, p. 73–79, 2014.

PIMENTEL, F. G. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. (ed.). **Guia de herbicidas**. 6 ed. Londrina, PR: Edição dos autores, 2011. 697 p.

SOUZA, M.; *et al*. **Eficiência de herbicidas no controle de capim-amargoso**. Universidade Federal do Paraná, 2020.

PROSPECÇÃO DE PARASITOIDES DE NINFAS DE MOSCA-BRANCA NA CULTURA DO TOMATE EM ASSIS CHATEAUBRIAND, PARANÁ

Ana Paula Gonçalves da Silva Wengrat (Engenharia Agronômica/UNIOESTE, anawengrat@gmail.com), Dóroti Luiza Schumacher Adams (Zootecnia/UNIOESTE, dorotischumacher2705@gmail.com), Karine Schoeninger (Ciências Biológicas/ Instituto Biológico karineschoeninger@gmail.com), Valmir Antonio Costa (Engenharia Agronômica/ Instituto Biológico, valmircosta@gmail.com)

Área Temática: Produção vegetal

Resumo: A mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), é uma praga amplamente distribuída no Brasil. Provoca danos diretos às plantas e indiretos, como fumagina e transmissão de vírus. O controle é principalmente químico e apresenta limitações, o que destaca o controle biológico com parasitoides dos gêneros *Encarsia* e *Eretmocerus* (Hymenoptera: Aphelinidae) como uma alternativa promissora, ainda pouco explorada no Brasil. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo prospectar as espécies de parasitoides que ocorrem nas ninfas de moscas-brancas na cultura do tomate. Para isso, as ninfas foram coletadas juntamente com as folhas durante o período de setembro de 2025 a fevereiro de 2026, sendo realizadas de uma a duas coletas por mês. As folhas foram levadas ao laboratório, onde passaram por lavagem com hipoclorito de sódio, enxágue e secagem. Tanto as pragas como os parasitoides foram acondicionadas em gaiolas de emergência com fornecimento de mel para alimentação dos parasitoides. Os parasitoides emergidos, foram coletados e preservados em etanol 80%. Para a identificação taxônomica, os parasitoides foram montados em lâminas, utilizando os trabalhos de Noyes (1982) e Huber (2015). As identificações foram realizadas com auxílio de chaves de identificação pertinentes aos gêneros e espécies. A espécie de parasitoides começaram a ocorrer aparecer a partir do mês de janeiro, sendo a espécie mais abundante foi *Eretmocerus mundus* Mercet, com 1.621 indivíduos dos 1.705 parasitoides coletados. Conclui-se que *Eretmocerus mundus* é o principal inimigo natural no período avaliado, destacando-se como espécie-chave para o controle biológico.

Palavras-chave: *Encarsia; Eretmocerus; Bemisia tabaci; Solano lycopersicum;* controle biológico de pragas.

Introdução

As moscas-brancas, *Bemisia tabaci* MEAM1 e *B. tabaci* MED (Hemiptera: Aleyrodidae), conhecidas também como biótipos B e Q, respectivamente, destacam-se como importantes pragas agrícolas devido à alta capacidade de adaptação, transmissão de viroses e danos fisiológicos às plantas, podendo reduzir a fotossíntese e causar morte em altas infestações.

Dentre as culturas que causa dano, tem a cultura do tomate, *Solanum lycopersicum* L., que se destaca-se pela sua elevada importância econômica, social e alimentar. Trata-se de uma das hortaliças mais produzidas e consumidas, gerando renda e empregos ao longo de sua cadeia produtiva. Além disso, é amplamente utilizado na alimentação, sendo fonte de nutrientes e compostos antioxidantes relevantes para a saúde humana. O controle da mosca-branca no tomateiro, ainda é predominantemente baseado em inseticidas, muitas vezes aplicados sem monitoramento, o que favorece a resistência e compromete a eficiência do manejo.

Nesse contexto, o controle biológico com parasitoides surge como alternativa promissora, havendo grande diversidade desses inimigos naturais, especialmente dos gêneros *Encarsia* Förster e *Eretmocerus* Haldeman (Hymenoptera: Aphelinidae) e *Amitus* Haldeman (Hymenoptera: Platygastridae). No entanto, no Brasil, estudos sobre esses parasitoides ainda são escassos, principalmente os de caráter taxonômico.

A identificação precisa das espécies é desafiadora devido à semelhança morfológica, sendo cada vez mais auxiliada por ferramentas moleculares, como análises de DNA (ex.: regiões 28S-D2, COI e COII). Essas técnicas permitem diferenciar espécies próximas, esclarecer complexos de espécies e evitar erros taxonômicos. Além disso, a correta identificação tanto de moscas-brancas quanto de seus parasitoides é essencial para compreender as interações ecológicas e garantir estratégias eficazes do manejo integrado de pragas, visando um manejo assertivo e sustentável, bem como o planejamento de um programa de controle biológico.

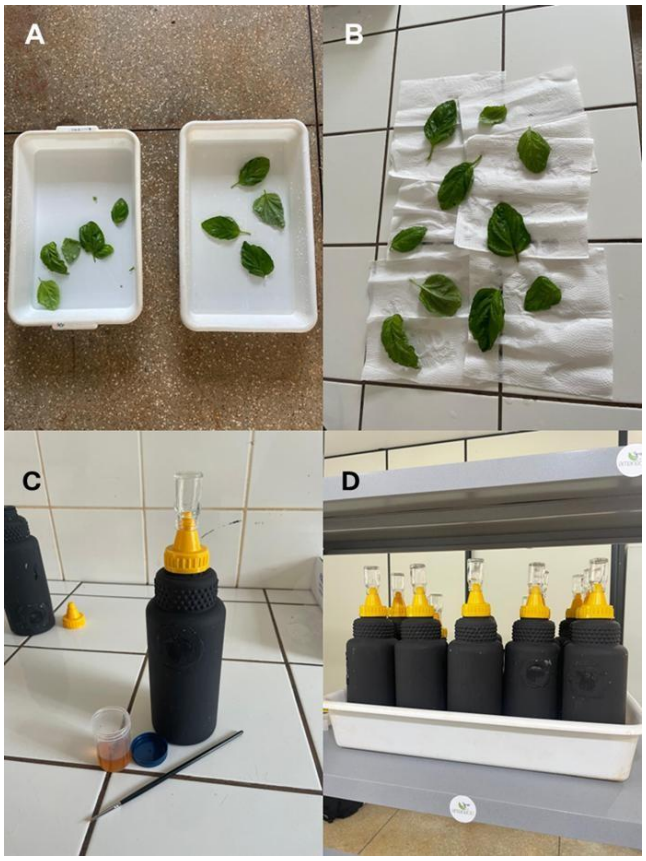
Material e Métodos

As ninfas de moscas-brancas foram amostradas de uma a duas vezes por mês durante o período de setembro de 2025 a fevereiro de 2026 na cultura do tomate no município de Assis Chateaubriand, Paraná, Brasil.

As ninfas de moscas-brancas foram coletadas com as folhas e levadas ao laboratório de Controle Biológico da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), onde passaram por lavagem em solução de hipoclorito de sódio a 1% (Figura 1A), enxágue em água destilada e secagem sobre papel absorvente (Figura 1B). Em seguida, as folhas contendo ninfas foram acondicionadas em recipientes para emergência dos parasitoides e das moscas-brancas. Frascos de vidro de 20 mL contendo filetes de mel foram posicionados no bico do recipiente, a fim de fornecer alimento ao parasitoide e garantir sua sobrevivência por pelo menos 24 horas. Esse período permite a completa esclerotização do exoesqueleto, favorecendo a posterior

montagem em lâmina sem colapso das estruturas (Figuras 1C, D).

Figura 1 - A) Folhas de manjericão coletadas no campo, sendo lavadas em água com 1% de hipoclorito de sódio e enxaguadas em água pura, para evitar fungos. B) Folhas secando após a lavagem em papel absorvente. C) Folhas sendo colocadas nos frascos com um vidro contendo filetes de mel. D) Frascos armazenados em laboratório para observação, análise e coleta diária de parasitoides.



Ao emergirem, os parasitoides foram observados com auxílio de um microscópio estereoscópico, coletados e mortos em etanol 80%. Posteriormente, foram armazenados em frascos com etanol 90%, devidamente etiquetados com local, data, coletor e hospedeiro.

Os parasitoides de mosca-branca foram montados em lâminas de microscopia óptica, utilizando-se bálsamo-do-Canadá seguindo os trabalhos de Noyes (1982) e Huber (2015). As identificações foram realizadas com auxílio de chaves de identificação pertinentes aos gêneros e espécies em questão e descrições originais, a saber: Woolley (1997) para os gêneros de Aphelinidae, Polaszek *et al.* (1992) e Myartseva e Evans (2008) para espécies de *Encarsia*, Zolnerowich e Rose (1998) para *Eretmocerus*.

Resultados e Discussão

As coletas renderam os seguintes resultados: 1.613 parasitoides da espécie *Eretmocerus mundus* Mercet, 57 *Encarsia sp., Encarsia porteri* (Mercet) e 16 *Encarsia lutea* (Masi), totalizando 1.705 parasitoides coletados em laboratório (Tabela 1).

Diante dos resultados encontrados, apesar das diferentes espécies coletadas em *B. tabaci* em tomate, a espécie de parasitoide que mostrou ter maior potencial para ser utilizada em um programa de controle biológico aplicado na cultura do tomate cultivado em cultivo protegido, foi *Er. mundus*. Essa espécie também foi encontrada em outros trabalhos de pesquisa no país.

Durante estudos sobre resistência de genótipos de algodoeiro à mosca-branca em Campinas, SP, Lourenção *et al.* (2014) constataram o parasitismo de *Er. mundus* em ninfas de *B. tabaci* biótipo B.

Enquanto que no Rio Grande do Sul, Moro *et al.* (2021) coletaram *Er. mundus* em tomate em cultivo protegido, porém a espécie mais coletada nesse estudo foi *En. formosa* Gahan, espécie que ainda não encontrada no presente trabalho. Mostrando a necessidade do levantamento das espécies de parasitoide em diferentes regiões do Brasil.

Espécies de *Encarsia*, parasitando *B. tabaci*, também são promissoras para o uso no controle biológico de ninfas de moscas-brancas. Apesar dos pouco trabalhos de levantamentos realizados no Brasil, há alguns que apontam a ocorrência de algumas espécies de *Encarsia* parasitando mosca-branca em Brasília e Minas Gerais (Oliveira *et al.* 2003; Torres *et al*. 2014).

Em coletas de moscas-brancas realizadas em romã, no município de Piracicaba (SP), Lourenção *et al.* (2025) relataram o primeiro registro de *Siphoninus phillyreae* (Haliday) no Brasil, espécie polífaga caracterizada por elevado potencial invasivo e ampla distribuição mundial. Adicionalmente, os autores observaram parasitismo natural por *Encarsia brasiliensis* (Hempel) nas amostras provenientes da mesma localidade, evidenciando a ocorrência de inimigos naturais associados à praga no país. Outros trabalhos de levantamentos no Brasil evidenciam a importância de *Encarsia* no controle biológico natural de mosca-branca. Pessoa (2015) coletou seis espécies de *Encarsia* em algodoeiro no estado de São Paulo. No estado de Goiás, Santos (2017) coletou três espécies de *Encarsia* e *Er. mundus*, em lavouras comerciais de soja. Esses trabalhos são contribuições relevantes ao conhecimento dos parasitoides que ocorrem no agroecossistema e apontam a diversidade desses inimigos naturais nas culturas agrícolas nos Estados brasileiros.

Portanto, pesquisas como esta são relevantes, uma vez que o conhecimento e a identificação acurada das espécies de parasitoides existentes no agroecossisterma de uma região é uma demanda importante a ser atendida, pois é por meio dela que estudos de capacidade de parasitismo e viabilidade de espécies de parasitoides em campo e/ou cultivo protegido podem ser desenvolvidos. E, a partir deste conhecimento é possível viabilizar alternativas eficientes e seguras para a criação massal de parasitoides para o controle biológico aplicado de *B. tabaci*.

Tabela 1 - Levantamento de espécies de parasitoides de ninfas de *Bemisia tabaci* (Gennadius) na cultura do tomate (*Solanum lycopersicum* L.) em Assis Chateaubriand, Paraná, 2026.

Espécie	n° de parasitoides	Gênero
Eretmocerus mundus Mercet	993	Fêmea
Eretmocerus mundus Mercet	620	Macho
Encarsia sp.	56	Fêmea
Encarsia sp.	1	Macho
Encarsia lutea (Mais)	16	Fêmea
Encarsia porteri (Mercet)	19	Fêmea

Conclusões

A prospecção de parasitoides de mosca-branca na cultura do tomate em Assis Chateaubriand, Paraná, evidenciou a ocorrência de espécies pertencentes à família Aphelinidae, com destaque para a predominância de determinados gêneros, como *Encarsia* e *Eretmocerus*, sendo a espécie mais ambundante foi *Eretmocerus mundus*. Os resultados indicam essa espécie apresenta potencial relevante para o controle biológico da praga, contribuindo para a regulação natural de suas populações no agroecossistema do tomateiro. A presença dessas espécies reforça a importância da conservação de inimigos naturais em programas de manejo integrado de pragas (MIP).

Além disso, a identificação das espécies mais frequentes e abundantes em uma região fornece subsídios para futuros estudos voltados à multiplicação e utilização desses agentes em programas de controle biológico aplicado, podendo reduzir a dependência de inseticidas químicos.

Por fim, o estudo contribui com informações inéditas para a região Oeste do Paraná, ampliando o conhecimento sobre a biodiversidade de parasitoides associados à mosca-branca e fortalecendo estratégias sustentáveis de manejo na cultura do tomate.

Referências

HUBER, J. T. World reclassification of the *Gonatocerus* group of genera (Hymenoptera: Mymaridae). **Zootaxa**, v. 3967, n. 1, p.1-41, 2015.

LOURENÇÃO, A.L.; COSTA, V.A.; PEREIRA, L.S.; PRADO, J.C. Occurrence of *Eretmocerus mundus* Mercet (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) in Brazil. **Bragantia**, v. 73, p. 160-162, 2014. DOI: https://doi.org/10.1590/brag.2014.025

LOURENÇÃO, A. L.; EVANS, G. A., SOARES, N. DE S., PALMA, G. R., COSTA, V. A., WENGRAT, A. P. G. DA S.; SAVARIS, M. Occurrence of ash whitefly, *Siphoninus phillyreae* (Haliday) (Hemiptera: Aleyrodidae), in Brazil. Phytoparasitica, v. 53, p. 1-8, 2025.

MORO, D.; *et al*. Integrative Techniques Confirms the Presence of *Bemisia tabaci* Parasitoids: *Encarsia formosa*, *Encarsia porteri* and *Eretmocerus mundus* (Hymenoptera: Aphelinidae) on Soybean and Tomatoes in South Brazil. **Neotropical Entomology**, p.1–12, 2021.

MYARTSEVA, S. N.; EVANS, G. A. **Genus *Encarsia* Förster of Mexico (Hymenoptera:** Chalcidoidea: Aphelinidae). A revision, key and description of new species. Serie Avispas Parasíticas de Plagas y otros Insectos No. 3. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, México, 2008. 320p.

NOYES, J.S. Collecting and preserving chalcid wasp (Hymenoptera: Chalcidoidea). **Journal of Natural History**, 1982.

OLIVEIRA, M.R.V.; AMANCIO, E.; LAUMANN, R. A.; GOMES, L. O. Natural enemies of *Bemisia tabaci* (Gennadius) B biotype and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) in Brasília, Brazil. **Neotropical Entomology**, n. 32, v.1, p. 151-154, 2003.

PESSOA, R. **Taxonomia e diversidade de *Encarsia* no Brasil e a biologia de *Bemisia tabaci* biótipo B e seu parasitoide *Encarsia desantisi* em algodoeiro Bt e não Bt**. 2015, 113p.Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, São Paulo, 2015.

POLASZEK, A.; EVANS, G.A.; BENNET, F.C. (1992) Encarsia parasitoids of *Bemisia tabaci* (Hymenoptera: Aphelinidae; Homoptera: Aleyrodidae): a preliminary guide to identification. **Bulletin of Entomological Research**, v.82, p.375-392, 1992.

SANTOS, J. B. **Ecologia da mosca branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) e de seus parasitoides em soja**. 2017. 91p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Goiânia, 2017.

TORRES, L.C.; LOURENÇÃO, A.L.; COSTA, V.A.; SOUZA, B.; COSTA, M.B.; TANQUE, R.L. Records of natural enemies of *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B in Brazil. **Neotropical Entomology**, v.43, n.2, p.189-191, 2014.

WOOLLEY, J.B. **Aphelinidae**. *In*: GIBSON, G.A.P., HUBER, J.T.; WOOLLEY, J.B. Annotated keys to the genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera). Ottawa: NRC Research Press, p. 134-150, 1997.

ZOLNEROWICH, G.; ROSE, M. *Eretmocerus* Haldeman (Hymenoptera: Aphelinidae) imported and released in the United States for control of *Bemisia* (*tabaci* complex) (Homoptera: Aleyrodidae). **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, v. 100, n. 2, p.310-323, 1998.

MANEJO DA ALTURA DE CORTE NA PRODUÇÃO DE FORRAGEM E VIGOR DO REBROTE EM AVEIA-PRETA

Fernanda Aparecida Potratz (AGRONOMIA/PUCPR, fernanda.potratz@pucpr.edu.br), Daniela Langer (AGRONOMIA/PUCPR, daniela.langer@pucpr.edu.br), Letícia Trentin Fallavigna (AGRONOMIA/PUCPR, leticia.fallavigna@pucpr.edu.br), Mariana Vitória Gonçalves (AGRONOMIA/PUCPR, g.vitoria3@pucpr.edu.br), Vitória Luiza Steffens Marafon (AGRONOMIA/PUCPR, vitoria.marafon@pucpr.edu.br), Martios Ecco (DOCENTE/PUCPR, ecco.martios@pucpr.br)

Área Temática: Produção Vegetal

Resumo: A aveia-preta é uma cultura anual de inverno amplamente utilizada como forrageira e planta de cobertura, destacando-se pela elevada produção de biomassa e capacidade de rebrota. O manejo adequado da altura de corte exerce influência direta sobre a persistência da cultura e a produtividade ao longo do ciclo. O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da altura da planta no momento do corte rente ao solo sobre a produção de biomassa e o vigor de rebrota da aveia-preta. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Recanto das Araucárias, vinculada à Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições, sendo: T1 (testemunha, sem corte até 100 cm), T2 (20 cm), T3 (30 cm), T4 (40 cm) e T5 (50 cm). Foram avaliadas massa fresca, massa seca e vigor de rebrota, por meio de escala visual de 0 a 5. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativo, as médias foram ajustadas por modelo de regressão. Os resultados indicaram que cortes realizados em estádios vegetativos iniciais (20 e 30 cm) proporcionaram maior capacidade de rebrota, com maiores índices de vigor e maior acúmulo de biomassa após o corte. O tratamento com corte a 30 cm apresentou o melhor equilíbrio entre produtividade inicial e persistência da cultura. Cortes tardios (50 e 100 cm) resultaram em elevada produção inicial, porém sem rebrota, sendo o corte a 30 cm o mais indicado.

Palavras-chave: *Avena strigosa*; manuseio; matéria vegetal; regenerar; forrageiras de inverno.

Introdução

A aveia-preta (*Avena strigosa*) é uma gramínea anual de inverno amplamente utilizada na agropecuária do Sul do Brasil, destacando-se pela elevada produção de biomassa, rusticidade e qualidade nutricional. Além de sua importância na alimentação animal, por meio de corte, pastejo ou silagem, a espécie também exerce papel fundamental como planta de cobertura, contribuindo para a ciclagem de nutrientes, proteção do solo e manutenção da matéria orgânica em sistemas conservacionistas (Crusciol; Soratto; Borghi, 2009; Fontaneli; Santos; Fontaneli, 2012).

Entre os fatores de manejo, a altura de corte é determinante para o desempenho produtivo da cultura, influenciando diretamente a produção de biomassa, a capacidade de rebrota e a persistência da pastagem. Cortes realizados em estádios vegetativos iniciais tendem a favorecer a rebrota e o perfilhamento, enquanto cortes tardios, embora proporcionem maior produção inicial, podem comprometer a regeneração das plantas e reduzir a longevidade do estande (Euclides *et al*., 2014; Souza; Oliveira; Fonseca, 2018).

Do ponto de vista ecofisiológico, a resposta da aveiapreta ao corte está relacionada à posição do meristema apical. Em estádios iniciais, esse tecido encontra-se próximo à base da planta, permitindo a continuidade do crescimento após o corte. Com o alongamento do colmo, o meristema é elevado e pode ser removido, reduzindo o potencial de rebrota e tornando o crescimento dependente de gemas axilares e reservas de carboidratos (Hodgson, 1990; Santos *et al*., 2012; Silva; Cecato; Gomes, 2015; Taiz *et al*., 2017).

Diante disso, compreender a influência da altura de corte sobre a produção de biomassa e o vigor de rebrota é essencial para o desenvolvimento de estratégias de manejo mais eficientes e sustentáveis (Carvalho *et al*., 2020). Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da altura da planta no momento do corte rente ao solo sobre a produção de biomassa e o vigor de rebrota da aveia-preta.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Recanto das Araucárias, pertencente à Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) – Câmpus Toledo, localizada nas coordenadas geográficas 24.720805 e -53.785922, durante o período de agosto a novembro de 2025.

A área experimental apresentou aproximadamente 300 m², composta por 15 linhas de semeadura com 6 m de comprimento e espaçamento de 0,17 m entre linhas. A área experimental encontrava-se implantada, sendo realizada adubação de base com fertilizante mineral formulado 1015-

15, na dose de 417 kg ha^{-1}, visando suprir as exigências nutricionais da cultura.

A semeadura da aveia-preta foi realizada utilizando densidade de 10 g m^{-2} de sementes. A caracterização química do solo (0–20 cm) indicou pH em $CaCl_2$ de 5,0, saturação por bases de 58,7%, baixos teores de alumínio trocável (0,07 cmolc dm^{-3}), níveis adequados de cálcio (5,08 cmolc dm^{-3}) e magnésio (2,21 cmolc dm^{-3}), fósforo em baixo teor (11,7 mg dm^{-3}) e potássio em nível intermediário (0,31 cmolc dm^{-3}), com teor de matéria orgânica de 2,54%.

A cultivar utilizada no experimento foi a IAPAR 61, pertencente à espécie *Avena strigosa*. Essa cultivar é considerada um ideótipo de aveia-preta para produção de forragem, destacando-se por apresentar ciclo mais longo, o que favorece maior período de crescimento vegetativo e maior potencial de produção de biomassa. Além disso, a IAPAR 61 apresenta boa adaptação às condições edafoclimáticas da região Sul do Brasil, sendo amplamente utilizada em sistemas de produção de forragem devido ao seu desempenho agronômico e capacidade de produção de matéria vegetal (Noro *et al*., 2003).

O manejo inicial incluiu capina manual aos 30 dias após a emergência. Posteriormente, foram realizadas aplicações fitossanitárias para controle de plantas daninhas, pragas e doenças, utilizando metsulfuron-methyl (0,20 g), fungicida Nativo® (30 mL) e a associação de atrazina (4 L ha^{-1}), Premium® (150 mL) e Engeo® (300 mL), conforme recomendação técnica para a cultura.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 parcelas experimentais distribuídas na área total de aproximadamente 15 m². Os tratamentos consistiram em diferentes alturas de corte da cultura: T1 – testemunha (corte aos 100cm); T2 – corte aos 20 cm; T3 – corte aos 30 cm; T4 – corte aos 40 cm; e T5 corte aos 50 cm. Os cortes foram realizados quando as plantas atingiram as alturas estabelecidas para cada tratamento não ocorrendo no mesmo dia para todas as parcelas. Dessa forma, o manejo foi realizado conforme o desenvolvimento da cultura em cada tratamento. O corte da parte aérea das plantas foi realizado manualmente com o auxílio de foice, respeitando as alturas previamente definidas em relação à superfície do solo.

As avaliações foram realizadas com o objetivo de quantificar a produção de biomassa e o vigor de rebrota. Para isso, determinou-se a massa fresca e a massa seca da parte aérea, além do vigor de rebrota, avaliado por meio de escala visual variando de 0 a 5, desenvolvida pelos autores do presente estudo, na qual valores mais baixos indicaram menor vigor de rebrota e valores mais elevados indicaram maior desenvolvimento vegetativo das plantas. As coletas foram realizadas em área útil de 1 m² no interior das parcelas, com corte manual da parte aérea e pesagem imediata para determinação da massa fresca.

As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análises Vegetais da PUCPR, onde foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas, para obtenção da massa seca.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativo ($p < 0,05$), ajustados por regressão polinomial em função das alturas de corte. Os modelos foram selecionados com base na significância dos coeficientes e no coeficiente de determinação (R^2).

Resultados e Discussão

A altura de corte influenciou significativamente o comportamento produtivo da aveia-preta, refletindo em diferenças na produção de biomassa e na capacidade de rebrota das plantas. A análise de variância indicou efeito significativo da altura de corte para todas as variáveis avaliadas, com valores de F de 6,2115 para massa fresca, 7,9503 para massa seca e 183,923 para vigor de rebrote, evidenciando forte influência do manejo sobre o desempenho da cultura. Os coeficientes de variação variaram entre 11,06% e 15,77%, indicando boa precisão experimental (Tabela 1).

Tabela 1 - Estatísticas da análise de variância para variáveis de massa fresca, massa seca e vigor de rebrota da aveia-preta (*Avena strigosa*) em função da altura de corte, em experimento conduzido na Fazenda Experimental Recanto das Araucárias, PUCPR – Câmpus Toledo.

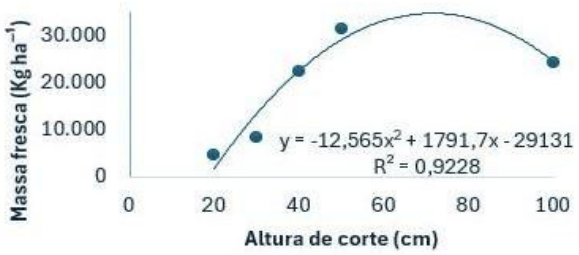
Variável	T (Tratamento)	C.V. (%)	Média Geral
Massa fresca (MF)	6,2115	17,77	1,87
Massa seca (MS)			
Vigor de rebote (VR)	183.923	15,13	2,175

CV= coeficiente de variação. * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Além da significância observada na análise de variância, os modelos de regressão ajustados para as variáveis avaliadas apresentaram elevados coeficientes de determinação (R^2), indicando bom ajuste dos dados experimentais às equações propostas. Esse resultado demonstra que a variação observada na produção de biomassa e no vigor de rebote está diretamente relacionada às diferentes alturas de corte aplicadas na cultura da aveia-preta, reforçando a influência do manejo sobre o desenvolvimento e a capacidade de recuperação das plantas, conforme ilustrado abaixo nas Figuras 1, 2 e 3.

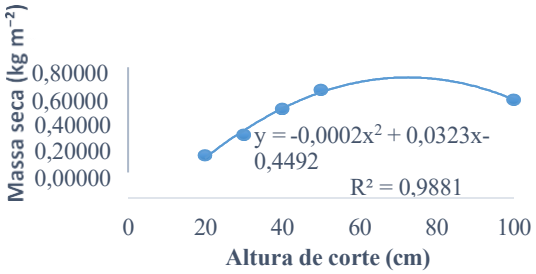
A produção de massa fresca apresentou aumento progressivo com o incremento da altura de corte, variando aproximadamente de 4.605 kg ha^{-1} no corte realizado aos 20 cm até cerca de 31.375 kg ha^{-1} no tratamento com corte aos 50 cm. Entretanto, na testemunha (100 cm), observouse redução na produção de massa fresca, com valor aproximado de 24.137 kg ha^{-1}, possivelmente em função do avanço do estádio fenológico das plantas e do início do florescimento, o que altera a dinâmica de acúmulo de biomassa (Figura 1).

Figura 1 - Produção de massa fresca de *Avena strigosa* em função de diferentes alturas de corte da cultura. R^2 = coeficiente de determinação do modelo de regressão.



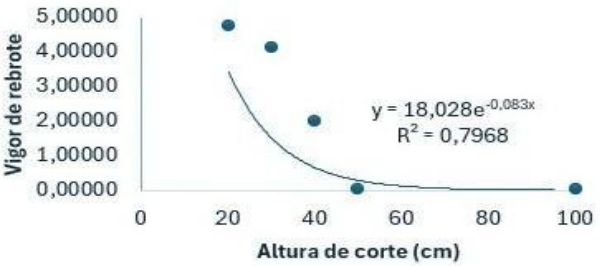
A produção de massa seca apresentou comportamento semelhante ao observado para massa fresca, com incremento gradual conforme o aumento da altura de corte. O maior valor foi observado no tratamento de 50 cm, atingindo aproximadamente 0,62 kg m^{-2}, enquanto os menores valores ocorreram nos cortes realizados em estádios mais precoces de desenvolvimento. Esse resultado está associado ao maior alongamento do colmo e à maior proporção de tecidos estruturais presentes em plantas mais desenvolvidas, o que contribui para o acúmulo de matéria seca (Taiz; Zeiger, 2017), conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Produção de massa seca de *Avena strigosa* em função de diferentes alturas de corte da cultura. R^2 = coeficiente de determinação do modelo de regressão.



Em relação ao vigor de rebrote, observou-se comportamento inverso ao da produção de biomassa. Os maiores valores foram registrados nos tratamentos com cortes realizados aos 20 e 30 cm, indicando maior capacidade de recuperação das plantas após o manejo. Por outro lado, cortes realizados em estádios mais avançados de desenvolvimento, como aos 50 cm e na testemunha (100 cm), apresentaram redução acentuada no vigor de rebrote, chegando a valores próximos de zero. Esse comportamento está relacionado à remoção do meristema apical e ao direcionamento das reservas para estruturas reprodutivas, o que limita a retomada do crescimento após o corte (Hodgson, 1990; Moraes *et al*., 2018), conforme observado na Figura 3.

Figura 3 - Vigor de rebrote de *Avena strigosa* submetida a diferentes alturas de corte. R^2 = coeficiente de determinação do modelo de regressão.



De forma geral, o corte realizado aos 30 cm apresentou o melhor equilíbrio entre produção de biomassa e capacidade de rebrota, indicando ser a altura de manejo mais adequada para a cultura da aveia-preta.

Conclusões

A altura de corte exerce influência significativa sobre a produção de biomassa e o vigor de rebrota da aveia-preta, evidenciando a importância do manejo adequado da cultura. Cortes realizados em estádios vegetativos mais precoces, especialmente entre 20 e 30 cm de altura, favoreceram a capacidade de regeneração das plantas, resultando em maior vigor de rebrota. Em contrapartida, cortes realizados em alturas mais elevadas, como 50 cm e na testemunha (100 cm), proporcionaram maior acúmulo inicial de biomassa, porém limitaram a capacidade de rebrota devido ao estádio fenológico mais avançado das plantas.

De modo geral, o corte realizado aos 30 cm apresentou o melhor equilíbrio entre produção de biomassa e capacidade de recuperação das plantas, configurando-se como a altura de manejo mais adequada para a cultura da aveia-preta. Dessa forma, a adoção dessa altura de corte pode contribuir para maior eficiência no manejo de sistemas de produção que utilizam a aveia-preta como forrageira, promovendo equilíbrio entre produtividade e persistência da cultura ao longo do ciclo.

Referências

CARVALHO, P. C. de F.; *et al.* Manejo do pastejo e produtividade animal em pastagens anuais de inverno. Revista Brasileira de Zootecnia, v.49, e20190227, 2020.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; BORGHI, E. Consórcio de milho com braquiária, aveia-preta e guandu: produção de fitomassa e cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 273-282, 2009.

EUCLIDES, V. P. B.; *et al*. Manejo de pastagens: avaliação de métodos e alturas de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 4, p. 327-336, 2014.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul brasileira**. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. New York: Longman Scientific & Technical, 1990.

MORAES, A.; *et al*. Fisiologia da rebrota em pastagens**. Agrarian Academy**, v. 5, n. 10, p. 1– 21, 2018.

NORO, G.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; FONTANELI, R. S; ANDREATTA, E. Gramíneas anuais de inverno para produção de forragem: avaliação preliminar de cultivares. **Agrociência**, v. 7. 35-40, 2003.

SANTOS, M. E. R.; *et al.* Frequência e intensidade de corte em pastagens de inverno: efeitos sobre a produção de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 5, p. 1150-1158, 2012.

SILVA, D.R.; CECATO, U.; GOMES, R. S. Produtividade e valor nutritivo da aveia- preta sob diferentes manejos de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 44, n. 6, p. 195-202, 2015.

SOUZA, A. R. L.; OLIVEIRA, A. C.; FONSECA, D. M. Altura de corte e produção de forragem em pastagens anuais de inverno. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 312- 320, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017

FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DE *Erinnyis ello* L. E DE SEUS PARASITOIDES DE OVOS EM DUAS CULTIVARES COMERCIAIS DE MANDIOCA

Lucas Ferri Ramos (ENGENHARIA AGRONÔMICA/Unimeo Ctesop, agronomialucasramos@gmail.com), Ana Paula Gonçalves da Silva Wengrat (ENGENHARIA AGRONÔMICA/Unimeo Ctesop, anawengrat@gmail.com)

Área Temática: Produção Vegetal

Resumo: A cultura da mandioca apresenta grande importância econômica e social, sendo frequentemente afetada por insetos-praga, com destaque para o mandarová-da-mandioca, *Erinnyis ello* L. (Lepidoptera: Sphingidae). Dentre os métodos de controle dessa praga, o controle biológico por meio de parasitoides de ovos tem se mostrado uma estratégia eficiente. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a flutuação populacional de *E. ello* e seus parasitoides de ovos em duas cultivares comerciais de mandioca, BRS 420 e Paraguaya. As coletas foram realizadas semanalmente, durante o período de 17/01/2026 a 28/03/2026. Foram estabelecidos 10 pontos amostrais por cultivar, com avaliação de duas plantas por ponto, realizando-se a coleta de ovos diretamente nas folhas. Os ovos foram acondicionados em cápsulas de gelatina e mantidos em laboratório até a eclosão da lagarta ou emergência dos parasitoides. Na cultivar BRS 420, foram coletados 1.469 ovos, dos quais 81,14% estavam parasitados, 5,24% eclodiram lagartas e 13,62% não houve eclosão. Na cultivar Paraguaya, foram coletados 674 ovos, com 64,09% de parasitismo, 19,14% de lagartas e 16,77% de ovos não eclodidos. Os resultados indicam que *E. ello* apresenta maior preferência de oviposição na cultivar BRS 420, sugerindo a influência de características intrínsecas da planta na seleção do hospedeiro para o desenvolvimento da progênie. Adicionalmente, observou-se que os parasitoides coletados pertencem ao gênero *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e apresentaram maior taxa de parasitismo em ovos depositados nessa mesma cultivar, evidenciando uma possível relação tritrófica. Conclui-se que os parasitoides exercem papel fundamental na regulação populacional de *E. ello*, sendo um importante componente no manejo integrado de pragas da mandioca.

Palavras-chave: controle biológico natural; *Trichogramma*; mandarová-da-mandioca; *Manihot esculenta*; manejo integrado de pragas.

Introdução

A cultura da mandioca, *Manihot esculenta* Crantz, possui grande importância econômica e social, sendo Amplamente cultivada em regiões tropicais e considerada uma das principais fontes de energia alimentar no mundo (Noronha *et al*., 2020). No Brasil, destaca-se como cultura estratégica, especialmente para pequenos e médios produtores, embora sua produtividade seja frequentemente limitada pela ocorrência de insetos-praga (Carvalho, 2020).

Dentre esses, o mandarová-da-mandioca, *Erinnyis ello* L. (Lepidoptera: Sphigidae), é considerado a principal praga desfolhadora da cultura, apresentando elevada capacidade de consumo foliar e podendo causar perdas significativas na produção, com redução de até 45% no rendimento das raízes (Carvalho *et al.,* 2022). Sua ocorrência está associada a condições climáticas favoráveis, podendo apresentar surtos populacionais devido ao seu comportamento migratório (Carvalho, 2020). Nesse contexto, o controle biológico tem se destacado como uma estratégia sustentável no manejo dessa praga, especialmente por meio da ação de parasitoides de ovos (Wengrat *et al.,* 2024). Entre os principais agentes, destacam-se espécies do gênero *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), amplamente reconhecidas pelo potencial de parasitismo em ovos de lepidópteros e pela eficiência em programas de manejo integrado de pragas (Carvalho *et al.,* 2022).

Além disso, espécies como *Telenomus dilophonotae* (Cameron, 1913) (Hymenoptera: Scelionidae) têm sido registradas como importantes inimigos naturais de *E. ello*, ampliando o conhecimento sobre a diversidade de parasitoides associados à cultura da mandioca e reforçando seu potencial no controle biológico natural (Noronha *et al.,* 2020; Wengrat *et al*., 2024).

Dessa forma, o conhecimento da flutuação populacional de *E. ello* e de seus parasitoides é fundamental para subsidiar o planejamento de estratégias de manejo integrado de pragas (MIP). Tal abordagem permite o controle mais assertivo da praga, com a adoção de produtos seletivos aos inimigos naturais, os quais desempenham papel relevante na regulação natural dessa praga. Como consequência, há potencial para redução do uso de inseticidas e promoção de sistemas agrícolas mais sustentáveis.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em área de cultivo de mandioca, utilizando duas cultivares comerciais: BRS 420 e Paraguaya. A escolha dessas cultivares baseou-se na sua representatividade em sistemas produtivos regionais, conforme abordagens semelhantes em estudos com a cultura (Carvalho, 2020).

As amostragens foram realizadas semanalmente no período de 17/01/2026 a 28/03/2026. Foram estabelecidos 10 pontos em cada cultivar, sendo avaliadas duas plantas por ponto, totalizando 20 plantas por cultivar. A coleta foi realizada por meio de inspeção visual das folhas, com o objetivo de localizar ovos do mandarová-da-mandioca, *E. ello*, conforme metodologia empregada em levantamentos de campo (Carvalho, 2020; Noronha *et al.,* 2020).

Os ovos coletados foram cuidadosamente removidos e acondicionados em cápsulas de gelatina número 00, mantendo-se uma porção da folha hospedeira, a fim de evitar danos aos ovos, seguindo procedimentos similares aos descritos por Noronha *et al.* (2020).

Posteriormente, o material foi encaminhado ao laboratório, onde permaneceu sob condições controladas até a eclosão das lagartas ou emergência dos parasitoides. Os parasitoides emergidos foram acondicionados em etanol 80%, com os dados de coleta para posterior identificação taxonômica. Família e gênero foram determinados segundo Hanson; Gauld (2006) e Pinto (1997), respectivamente.

A determinação do parasitismo foi realizada com base na emergência de parasitoides, sendo estes posteriormente contabilizados para determinação da taxa de parasitismo. Assim foi possível determinar a flutuação da praga e de seus parasitoides ao longo do tempo, nas duas cultivares comerciais de mandioca.

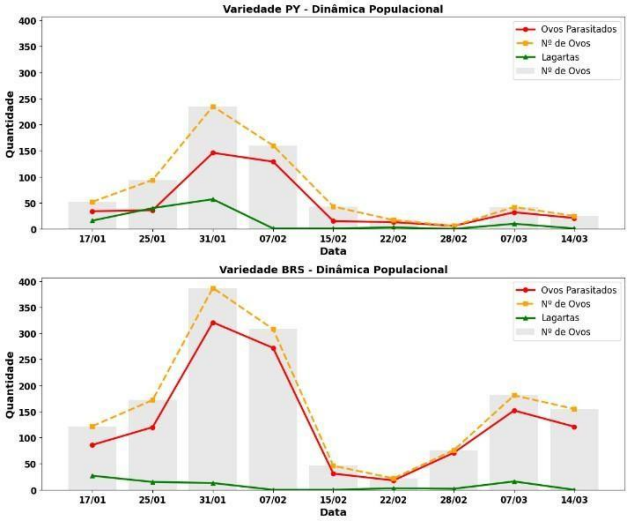
Resultados e Discussão

Foram coletados ovos de *E. ello* em duas cultivares de mandioca, BRS 420 e Paraguaya (PY), totalizando 1.469 e 674 ovos, respectivamente. Na cultivar BRS 420, observou-se que 1.192 ovos estavam parasitados, 77 originaram lagartas e 200 não eclodiram. Já na cultivar Paraguaya, 432 ovos estavam parasitados, 129 deram origem a lagartas e 113 não eclodiram. A taxa de parasitismo foi superior na cultivar BRS 420 (81,14%) em comparação a cultivar Paraguaya (64,09%), indicando maior atuação de parasitoides na primeira. Em contrapartida, a porcentagem de ovos que originaram lagartas foi maior na Paraguaya (19,14%) em relação à BRS 420 (5,24%), sugerindo menor eficiência do controle biológico natural nessa cultivar pelos parasitoides. Os parasitoides coletados pertencem ao Gênero *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae).

A análise da flutuação populacional de ovos de mandarová-da-mandioca e seus parasitoides ao longo do tempo (Figura 1), evidencia padrões importantes relacionados à interação entre a praga e seus inimigos naturais. Em ambas as cultivares, observou-se aumento no número de ovos no final de janeiro, com pico mais expressivo na cultivar BRS 420, indicando maior intensidade de oviposição. Esse comportamento pode estar relacionado à maior atratividade ou suscetibilidade dessa cultivar à praga.

Quando analisados conjuntamente os ovos parasitados, os ovos não parasitados e o número de lagartas eclodidas, observa-se uma relação ecológica consistente. De modo geral, períodos com maior número de ovos parasitados estão associados à redução na quantidade de lagartas eclodidas, evidenciando a eficiência do parasitismo como agente de controle biológico natural. Por outro lado, o aumento de ovos não parasitados está diretamente relacionado ao incremento na eclosão de lagartas, representando maior risco de dano à cultura.

Figura 1 - Flutuação populacional de ovos de *Erinnyis elo* (Lepidoptera: Sphigidae) em duas cultivares de mandioca (*Manihot esculenta Crantz)*, Paraguaya e BRS 420, incluindo número total de ovos coletados, ovos parasitados, ovos não parasitados e número de lagartas eclodidas ao longo do tempo, Assis Chateaubriand, 2026.



Na cultivar Paraguaya, essa dinâmica apresenta maior variabilidade, com períodos em que o parasitismo não foi suficiente para conter a eclosão das lagartas, como observado em meados de fevereiro. Houve uma menor preferência de oviposição de ovos de mandarová-damandioca nessa cultivar, bem como a taxa de parasitismo foi menor. Esse resultado obtido, possivelmente esteja

relacionada a um conjunto de fatores físicos, químicos e ecológicos da planta, que influenciam a escolha do hospedeiro mais adequado para o desenvolvimento da prole (Carrasco *et al*., 2015). Compostos voláteis e não voláteis produzidos pela planta podem atrair ou repelir a praga. Certas cultivares emitem sinais químicos mais atrativos ou possuem menor concentração de compostos de defesa, favorecendo a oviposição (Conchou *et al*., 2019). Ainda, podem ocorrer interações tritróficas, nas quais a presença e a atração de parasitoides influenciam a escolha de oviposição pela praga. Isso também se deve à liberação de compostos voláteis pelas plantas, capazes de atrair esses parasitoides (Parra *et al.,* 2021), o que pode levar a fêmea da praga a evitar determinadas cultivares, reduzindo o risco de parasitismo de sua prole.

Além disso, os dados indicam a ocorrência de regulação densidade-dependente, na qual o aumento na densidade de ovos é seguido por maior atuação dos parasitoides, contribuindo para a redução da população subsequente da praga (Van Lenteren, 2000). Esse tipo de interação é amplamente descrito em sistemas naturais de controle biológico e representa um dos principais mecanismos de equilíbrio em agroecossistemas.

A elevada taxa de parasitismo observada, principalmente na cultivar BRS 420, corrobora estudos que demonstram a eficiência de parasitoides de ovos no controle natural do mandarová-da-mandioca (Noronha *et al.,* 2020). Segundo esses autores, espécies como *Te. dilophonotae* e *Trichogramma marandobai* (Brun; Moraes; Soares, 1986), apresentam elevada capacidade de parasitismo, sendo frequentemente associadas à cultura da mandioca. Resultados semelhantes foram relatados por Carvalho (2020), que observou alta incidência de parasitoides do gênero *Trichogramma* acompanhando a flutuação populacional de *E. ello* em condições de campo, como também observado no presente trabalho.

Por outro lado, a maior ocorrência de lagartas na cultivar Paraguaya indica menor eficiência do parasitismo nessa cultivar, o que pode resultar em maior potencial de dano. De acordo com Carvalho *et al.* (2022), a eficiência dos parasitoides pode variar em função de fatores ambientais e das características da planta hospedeira, influenciando diretamente o sucesso do controle biológico.

A presença de ovos não eclodidos também merece destaque, podendo estar associada à inviabilidade natural, condições ambientais adversas ou até mesmo a casos de parasitismo não detectado. Wengrat *et al*. (2024) ressaltam que as interações entre parasitoides e hospedeiros em agroecossistemas são complexas, podendo resultar em diferentes desfechos no desenvolvimento dos ovos.

De maneira geral, os resultados demonstram que o parasitismo exerce papel fundamental na regulação populacional de *E. ello*, sendo mais eficiente e estável na cultivar BRS 420. Em contrapartida, a cultivar Paraguaya apresenta maior variabilidade e menor eficiência no controle biológico natural, indicando a necessidade de monitoramento mais intensivo. Esses achados reforçam a importância dos parasitoides como agentes-chave no manejo integrado de pragas, contribuindo para sistemas de produção mais sustentáveis e com menor dependência de inseticidas.

Conclusão

Os resultados obtidos evidenciam que o parasitismo de ovos de *Erinnyis ello* ocorre de forma expressiva nas cultivares avaliadas, com destaque para a cultivar BRS 420, que apresentou maior taxa de parasitismo em comparação à Paraguaya. Esse resultado indica maior eficiência do controle biológico natural nessa cultivar, reforçando a importância dos parasitoides como agentes reguladores naturais da população da praga.

Referências

CAMERON, P. Descriptions of new genera and species of parasitic Hymenoptera. **Journal of the Bombay Natural History Society**, v. 22, p. 419-449, 1913

CARVALHO, L. C. ***Trichogramma* spp. como agente de controle biológico de *Erinnyis ello*.** 2020. 81 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2020.

CARVALHO, L. C. *et al.* Biology of *Trichogramma marandobai* and *Trichogramma manicobai* in eggs of *Erinnyis ello*. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 66, n. 2, e20210086, 2022.

CARRASCO, D.; LARSSON, M. C.; ANDERSON, P. Insect host plant selection in complex environments. **Current Opinion in Insect Science**, v. 8, p. 1–7, 2015.

CONCHOU, L. *et al.* Insect odorscapes: from plant volatiles to natural olfactory scenes. **Frontiers in Physiology**, v. 10, p. 1-20, 2019.

HANSON, P.; GAULD, I. Hymenoptera de la Región Neotropical. **Gainesville: Memoirs of the American Entomological Institute**, v. 77, p. 1–994, 2006.

NORONHA, A. C. S.; *et al.* Egg parasitoids of cassava hornworm associated to cassava in Pará. **EntomoBrasilis**, v. 13, e932, 2020.

PARRA, J. R. P.; *et al.* Conceitos e evolução do controle biológico. *In*: PARRA, J. R. P.; *et al*. **Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira.** Piracicaba: FEALQ, 2021. p. 1–592.

PINTO, J. D. Trichogrammatidae. *In:* GIBSON, G. A. P.; HUBER, J. T.; WOOLLEY, J. B. **Annotated keys to the genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera).** Ottawa: NRC Research Press, 1997. p. 726–752.

VAN LENTEREN, J. C. Measures of success in biological control of arthropods by augmentation of natural enemies. *In:* GURR, G.; WRATTEN, S. (eds.). **Measures of Success in Biological Control.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 77–103.

WENGRAT, A. P. G. S.; CARVALHO, L.C.; PIETROWSKI, V.; SCHOENINGER, K.; COSTA, V.A. JOHNSON, N. F. First record of *Telenomus dilophonotae* (Hymenoptera, Scelionidae) parasitizing *Erinnyis ello* (Lepidoptera, Sphingidae) in Western Paraná, Brazil, vith molecular characterization and records occurrences. **Neotropical Entomology**, v. 53, n. 3, p. 1162-1167, 2024.

APLICAÇÃO DE *Methylobacterium symbioticum* EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS NA CULTURA DO MILHO

Vitória Luiza Steffens Marafon (Agronomia/PUCPR, vitoria.marafon@pucpr.edu.br), Daniela Langer (Agronomia/PUCPR, daniela.langer@pucpr.edu.br), Fernanda Aparecida Potratz (Agronomia/ PUCPR, fernanda.potratz@pucpr.edu.br), Letícia Trentin Fallavigna (Agronomia/PUCPR, leticia.fallavigna@pucpr.edu.br), Mariana Vitória Gonçalves (Agronomia/PUCPR, g.vitoria3@pucpr.edu.br), Prof. Dr. Martios Ecco (Agronomia/PUCPR, ecco.martios@pucpr.br)

Área Temática: Produção Vegetal

Resumo: O milho é uma das principais culturas agrícolas do Brasil, com grande importância econômica e social. A busca por sistemas produtivos mais sustentáveis tem incentivado o uso de bioinsumos, como bactérias promotoras de crescimento, capazes de fixar nitrogênio atmosférico e melhorar o desempenho fisiológico das plantas. Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da aplicação foliar de um bioinsumo à base de *Methylobacterium symbioticum* sobre variáveis fisiológicas do milho, quando aplicado em diferentes estádios fenológicos (V4, V6, V8 e V10). O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. Foram avaliados o índice de clorofila total (SPAD), teores de clorofila A e B, altura da planta até o pendão, altura da inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo. Os melhores resultados foram obtidos com a aplicação no estádio V6, destacando-se pelo maior índice de clorofila, maior altura das plantas e maior diâmetro do colmo. A utilização do bioinsumo no estádio V6 mostrou-se eficiente para promover o desenvolvimento fisiológico do milho, representando uma estratégia promissora para reduzir a dependência de fertilizantes nitrogenados sintéticos e aumentar a sustentabilidade da cultura.

Palavras-chave: *Zea mays L.*; bactéria promotora de crescimento; fixação biológica de nitrogênio; desenvolvimento fisiológico; bioinsumos.

Introdução

O milho (*Zea mays L.*) é uma das principais culturas agrícolas do mundo, desempenhando um papel essencial tanto na alimentação humana quanto na nutrição animal. Sua ampla adaptabilidade permite o cultivo em diversas regiões, desde áreas tropicais até zonas temperadas, sendo um dos pilares da agricultura global (Uhart; Andrade, 1995). Além do consumo direto, o milho é utilizado para a produção de silagem e grãos, contribuindo significativamente para a economia agrícola, especialmente em sistemas irrigados, como observado na agricultura portuguesa (Escosteguy *et al.,* 1997).

Entretanto, a produtividade do milho pode ser impactada por diversos fatores, sendo a disponibilidade de nitrogênio (N) um dos mais relevantes. Esse nutriente é fundamental para o crescimento da planta, influenciando, diretamente a área foliar, o acúmulo de matéria seca e o rendimento da cultura. Estudos indicam que a recuperação aparente do N aplicado como fertilizante pode diminuir conforme a dose utilizada, exigindo um manejo eficiente para otimizar sua absorção. Além disso, pesquisas recentes apontam que a rotação da cultura do milho com a soja pode aumentar a produtividade do milho devido ao aporte de nitrogênio proveniente da fixação biológica, além de melhorar a qualidade do solo e a eficiência nutricional da cultura (Embrapa, 2022; Hungria *et al.*, 2015; Zilli *et al.*, 2021;).

A disponibilidade de nitrogênio é um dos principais fatores que limitam a produtividade do milho, sendo esse nutriente essencial para o crescimento vegetativo, formação de clorofila e desenvolvimento da cultura. Nesse contexto, o uso de microrganismos promotores de crescimento, capazes de realizar fixação biológica de nitrogênio associativa em gramíneas, tem se destacado como alternativa sustentável para aumentar a eficiência nutricional e reduzir a dependência de fertilizantes nitrogenados sintéticos (Hungria *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2019; Zilli *et al.*, 2021).

Diante desse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a resposta do milho à aplicação de nitrogênio por meio da utilização de um produto biológico à base da bactéria *Methylobacterium symbioticum*, responsável pela fixação biológica de nitrogênio.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Retiro das Araucárias, pertencente à Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) – Câmpus Toledo, localizada nas coordenadas geográficas -24,7208 e -53,7859, em área experimental de aproximadamente 19 m². A semeadura foi realizada com híbrido simples de milho, contendo biotecnologia Bt, com adubação utilizando

fertilizante mineral na formulação 10-15-15, na dose de 150 kg ha^{-1}, garantindo o suprimento de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), utilizando a semeadora Tatu PST Plus de sete linhas, equipada com anel liso de 3 mm e disco de 28 furos, proporcionando distribuição uniforme das sementes. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições, sendo estes constituídos por testemunha (sem aplicação do bioinsumo) e aplicação do bioinsumo nos estádios fenológicos V4, V6, V8 e V10.

Cada parcela foi demarcada com bandeirinhas a cada 6 metros de comprimento, além de marcadores no início e no final da área, garantindo a correta identificação dos limites experimentais. O bioinsumo utilizado, formulado em pó, contém a bactéria *M. symbioticum*, reconhecida por sua capacidade de realizar fixação biológica de nitrogênio. Para o preparo da calda, o produto foi inicialmente diluído em pequena quantidade de água e, posteriormente, completado diretamente no pulverizador costal elétrico, utilizando dose equivalente a 333 g ha^{-1}. As aplicações foram realizadas no final da tarde, visando minimizar perdas por evaporação e favorecer a absorção do produto.

No manejo de plantas daninhas, realizou-se inicialmente uma capina manual, devido à presença de touceiras na área experimental. Em seguida, aplicou-se o herbicida glifosato, visando o controle das plantas daninhas remanescentes.

Durante o desenvolvimento da cultura, foi observada a presença de *Dalbulus maidis* e *Diabrotica speciosa.* Para o controle, utilizou-se o inseticida à base de metomil. Mesmo assim, houve alta incidência de *Diabrotica speciosa*, causando a anomalia "pescoço de ganso", caracterizada pelo enfraquecimento do colmo e inclinação das plantas.

Também foi realizado manejo preventivo de doenças com aplicação do fungicida Fox Xpro, visando o controle de *Bipolaris maydis*.

As avaliações foram realizadas em 17 de junho de 2025, sendo analisadas quatro plantas por parcela, totalizando 16 plantas por tratamento. As variáveis avaliadas foram: índice de clorofila, altura de planta, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo.

As medições foram realizadas com trena e régua milimetrada, e o índice de clorofila foi obtido com o clorofilômetro ClorofiLOG CFL 2060. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) em delineamento de blocos casualizados, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Observou-se efeito significativo dos tratamentos para clorofila A e clorofila B. Para as demais variáveis não foram observadas diferenças estatísticas significativas.

Tabela 1 - Variáveis fisiológicas do milho sob aplicação de *M. symbioticum*

Variáveis	Testem.	V4	V6	V8	V10
SPAD	29,55 a	35,80 a	38,93 a	37,20 a	33,53 a
Clor. A	23,15 b	27,85 ab	32,43 a	29,20 ab	26,78 ab
Clor. B	6,38 b	7,88 ab	9,33 a	8,00 ab	6,70 b
Dia. de colmo (cm)	1,81 a	1,85 a	1,87 a	1,46 a	1,74 a
Alt. espiga (m)	1,01 a	1,05 a	1,13 a	1,07 a	1,05 a
Alt. pendão (m)	1,70 a	1,91 a	1,93 a	1,89 a	1,85 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

De maneira geral, o tratamento com aplicação do bioinsumo no estádio fenológico V6 apresentou os maiores valores médios para a maioria das variáveis analisadas (Tabela 1), destacando-se principalmente para clorofila A, clorofila B e altura de inserção da espiga. Esse resultado indica maior eficiência fisiológica das plantas submetidas a esse tratamento, possivelmente em função do melhor sincronismo entre a aplicação do bioinsumo e a fase de maior demanda metabólica da cultura.

O aumento nos teores de clorofila A e B observado no tratamento V6 evidência maior capacidade fotossintética das plantas, uma vez que esses pigmentos estão diretamente relacionados à absorção de luz e à eficiência do processo fotossintético. Tal comportamento pode ser explicado pela atuação da bactéria *M. symbioticum*, que contribui para a fixação biológica de nitrogênio e, consequentemente, para o aumento da síntese de compostos nitrogenados essenciais.

Os maiores valores de clorofila A foram observados no tratamento V6, diferindo estatisticamente da testemunha, conforme pode ser visualizado na Figura 1.

Em relação à altura de inserção da primeira espiga, o maior valor observado no tratamento V6 indica maior

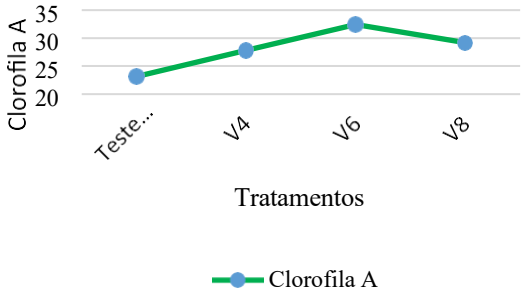
desenvolvimento estrutural das plantas, o que pode estar associado à maior disponibilidade de nitrogênio e ao estímulo fisiológico promovido pelo bioinsumo.

Para as variáveis que não apresentaram diferença estatística significativa, observa-se tendência de superioridade do tratamento V6 em relação à testemunha, sugerindo efeito positivo do bioinsumo, embora não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Os tratamentos aplicados em estádios mais precoces (V4) ou mais tardios (V8 e V10) apresentaram desempenho inferior, o que pode ser explicado pelo descompasso entre a oferta de nitrogênio e a demanda fisiológica da planta em cada fase de desenvolvimento.

Dessa forma, os resultados evidenciam que o estádio V6 representa o momento mais adequado para a aplicação do bioinsumo, promovendo melhorias no desenvolvimento fisiológico da cultura do milho.

Figura 1 - Valores médios de clorofila A em plantas de milho submetidas à aplicação de *M. symbioticum* em diferentes estádios



A representação gráfica apresentada na Figura 1 reforça a superioridade do tratamento V6 em relação aos demais, evidenciando maior acúmulo de clorofila A nas plantas submetidas a esse manejo. Esse comportamento confirma os resultados obtidos na análise estatística, demonstrando que a aplicação do bioinsumo nesse estádio fenológico favorece a atividade fotossintética e o desenvolvimento fisiológico da cultura. No estádio V6, o milho entra em uma fase de intenso crescimento vegetativo, caracterizada pelo aumento da área foliar, maior demanda por nitrogênio e início da definição do potencial produtivo da cultura. Nesse período, a atuação da bactéria *M. symbioticum*, por meio da fixação biológica de nitrogênio e da produção de compostos promotores de crescimento, contribui para maior síntese de clorofila, aumento da taxa fotossintética e melhor desenvolvimento estrutural das plantas, resultando em maior eficiência fisiológica e desempenho agronômico.

Além disso, a diferença observada em relação à testemunha evidencia o potencial do uso de bioinsumos como estratégia para otimizar o aproveitamento do nitrogênio e promover maior eficiência no crescimento vegetal. Dessa forma, os resultados obtidos reforçam a importância do momento de aplicação como fator determinante para o sucesso do manejo com produtos biológicos na cultura do milho.

Conclusão

A aplicação foliar do bioinsumo à base de *M. symbioticum* influenciou positivamente o desenvolvimento agronômico da cultura do milho, sendo o estádio V6 o que apresentou os melhores resultados para índice de clorofila, altura de plantas e diâmetro de colmo.

Dessa forma, a aplicação no estádio V6 mostrou-se mais eficiente em comparação aos demais tratamentos, indicando que esse momento é o mais adequado para utilização do bioinsumo.

Assim, o uso de *M. symbioticum* apresenta potencial como ferramenta complementar no manejo nutricional do milho, podendo contribuir para o desenvolvimento da cultura e para sistemas de produção mais sustentáveis.

Referências

ARAÚJO, L. A. N. de; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 8, p. 771–777, 2004.

BARBOSA, L. F. M.; PEREIRA, M. R.; NASCIMENTO, D. C. Eficiência agronômica de bactérias promotoras de crescimento aplicadas em diferentes estádios fenológicos do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v. 45, p. 1-9, 2021.

BARRIOS, E.; KWESIGA, F.; BURESH, R. J.; SPRENT, J. I.; COE, R. Relating preseason soil nitrogen to maize yield in tree legume maize rotations. **Soil Science Society of America Journal,** v. 62, p. 1604–1609, 1998.

BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A cultura do milho**. São Paulo: Nobel, 2014.

BUNDY, L. G.; ANDRASKI, T. W.; WOLKOWSKI, R. P. Nitrogen credits in soybean-corn crop sequences on three soils. **Agronomy Journal,** v. 85, p. 1061–1067, 1993.

CROOKSTON, R. K.; KURLE, J. E.; COPELAND, P. J.; FORD, J. H.; LUESCHEN, W. E. Rotational cropping sequence affects yield of corn and soybean. **Agronomy Journal**, v. 83, p. 108–113, 1991.

ESCOSTEGUY, P. A. V.; RIZZARDI, M. A.; ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v. 21, p. 71–77, 1997.

FERREIRA, A. S.; RIBEIRO, R. A.; COSTA, P. D. Fixação biológica de nitrogênio em milho utilizando inoculantes à base de *Methylobacterium*. **Cadernos de Agroecologia**, v. 14, n. 2, p. 1-8, 2019.

HARRIS, G. H.; HESTERMAN, O. B. Quantifying the nitrogen contribution from alfalfa to soil and two succeeding crops using nitrogen-15. **Agronomy Journal**, v. 82, p. 129–134, 1990.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v. 331, p. 413-425, 2010.

MEDEIROS, M. A.; ROCHA, S. M.; OLIVEIRA, J. P. R. Uso de inoculantes biológicos na redução do uso de nitrogênio mineral na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical,** v. 48, n. 3, p. 255-263, 2018.

OMAY, A. B.; RICE, C. W.; MADDUX, L. D.; GORDON, W. B. Corn yield and nitrogen uptake in monoculture and in rotation with soybean. **Soil Science Society of America Journal**, v. 62, p. 1596–1603, 1998.

PETERSON, T. A.; VARVEL, G. E. Crop yield as affected by rotation and nitrogen rate. Corn. **Agronomy Journal**, v. 81, p. 735-738, 1989.

RODER, W.; MASON, S. C.; CLEGG, M. D.; KNIEP, K. R. Yield soil water relationships in sorghum-soybean cropping systems with different fertilizer regimes. **Agronomy Journal**, v. 81, p. 470-475, 1989.

SANTOS, F. R.; MORAES, J. P.; BASTOS, A. R. Aplicação de bactérias promotoras de crescimento em milho e seus efeitos na produtividade. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 3, p. 45-50, 2017.

SANTOS, M. S. *et al.* Bactérias promotoras de crescimento na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**,v. 18, n. 2, 2019.

SILVA, J. L.; LIMA, C. P.; GONÇALVES, E. R. Efeito da aplicação de *Methylobacterium* spp. em milho sob diferentes condições nutricionais. **Journal of Biotechnology and Biodiversity,** v. 11, n. 2, p. 102-110, 2020.

SOUZA, R.; AMORIM, D. S.; MARQUES, E. T.; SANTOS, R. P. F.; FERNANDES-JUNIOR, P. Bioinsumos na agricultura tropical: conceitos, aplicações e desafios. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável,** v. 14, n. 1, p. 87–97, 2019.

TEIXEIRA, L. A. J.; TESTA, V. M.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio do solo, nutrição e rendimento do milho afetados por sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 207–214, 1994.

TORBERT, H. A.; REEVES, D. W.; MULVANEY, R. L. Winter legume cover crop benefits to corn: rotation vs. fixed-nitrogen effects. **Agronomy Journal,** v. 88, p. 527-535, 1996.

UHART, S. A.; ANDRADE, F. H. Nitrogen deficiency in maize: effects on crop growth, development, dry matter partitioning, and kernel set. **Crop Science,** v. 35, p. 1376–1383, 1995.

ZILLI, J. E.; *et al.* **Fixação biológica de nitrogênio e uso de inoculantes na agricultura brasileira**. Brasília: Embrapa, 2021.

EFICIÊNCIA DE HERBICIDAS NO CONTROLE DO CARURU EM CONSÓRCIO MILHO-BRAQUIÁRIA EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS

Fabrício Luan Weber (AGRONOMIA/PUC-PR, fabricio.weber@pucpr.edu.br), Jacir Daga (AGRONOMIA/PUC-PR, jacir.daga@pucpr.edu.br), João Pedro Gutjahr Warsneski (AGRONOMIA/PUC-PR, leticia.backes@pucpr.edu.br), Letícia Eduarda Backes (AGRONOMIA/PUC-PR, leticia.backes@pucpr.edu.br), Lucas Barbosa (AGRONOMIA/PUC-PR, l.barbosa4@pucpr.edu.br), Weliton Luís Bamberg (AGRONOMIA/PUC-PR, weliton.bamberg@pucpr.edu.br)

Área Temática: Produção Vegetal

Resumo: A cultura do milho em consórcio com braquiária (*Brachiaria* spp.) é amplamente adotada em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), promovendo benefícios como cobertura do solo e supressão de plantas daninhas. No entanto, o caruru *(Amaranthus hybridus),* planta daninha agressiva com metabolismo C4, alta produção de sementes e resistência a herbicidas, representa desafio significativo, especialmente em estádios avançados de desenvolvimento. Este trabalho objetivou analisar a melhor época e herbicidas para seu controle nesse sistema. O experimento foi conduzido em Mercedes-PR, de fevereiro a abril de 2026, em delineamento de blocos casualizados (DBC), com 12 tratamentos (6 por estádio: vegetativo ~12 folhas e reprodutivo) e 2 repetições. Tratamentos incluíram testemunha, carfentrazone (0,075 L ha^{-1}), 2,4-D (1,5 L ha^{-1}), atrazina (5 L ha^{-1}), tembotriona (0,240 L ha^{-1}) e mistura 2,4-D + atrazina. Aplicações ocorreram em 21/03/2026 com bomba costal, adjuvante mineral e EPIs; eficiência avaliada visualmente aos 14 DAA (0-100%). No estádio vegetativo, 2,4-D, atrazina e mistura atingiram 100% de controle; carfentrazone, 98%; tembotriona, 50%. No reprodutivo, 2,4-D, atrazina e mistura mantiveram 100%; carfentrazone e tembotriona caíram para 30% e 20%. Aplicações precoces e misturas com ação sistêmica foram mais eficientes, alinhadas à literatura. Recomenda-se manejo integrado para evitar resistência.

Palavras-chave: controle químico; controle sistêmico, controle de contato; resistência.

Introdução

A cultura do milho (*Zea mays L.*) apresenta elevada importância econômica no Brasil, sendo amplamente utilizada na alimentação humana, animal e como matéria-prima industrial. Nos sistemas produtivos modernos, destaca-se o cultivo consorciado com espécies forrageiras do gênero *Brachiaria*, prática amplamente adotada em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) (Almeida, 2015; Ceccon, 2013).

Esse sistema proporciona benefícios agronômicos relevantes, como aumento da cobertura do solo, melhoria da estrutura física, incremento da matéria orgânica e maior eficiência na ciclagem de nutrientes, além de contribuir para a supressão de plantas daninhas. Estudos também indicam que o consórcio milho-braquiária pode ser conduzido sem prejuízos significativos à produtividade do milho, desde que manejado adequadamente, especialmente quanto ao uso de herbicidas e adubação (Alvarenga *et al.,* 2012).

Dentre as principais plantas daninhas que afetam a cultura do milho, destaca-se o caruru (*Amaranthus Hybridus.*), espécie de ampla distribuição e elevada agressividade. Essa planta apresenta metabolismo fotossintético C4, o que lhe confere maior eficiência no uso de recursos ambientais, especialmente em condições de altas temperaturas e luminosidade (Lamego *et al*., 2021).

Além disso, o caruru apresenta crescimento rápido, elevada produção de sementes e persistência no banco de sementes do solo, características que favorecem sua disseminação e dificultam seu controle (Fontes *et al*., 2020). Sua elevada capacidade competitiva pode reduzir significativamente a produtividade das culturas, principalmente quando não manejado adequadamente.

O controle do caruru é agravado pela ocorrência de resistência a herbicidas, fenômeno decorrente da seleção de indivíduos naturalmente resistentes dentro da população. A utilização contínua de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação aumenta a pressão de seleção, favorecendo a sobrevivência e multiplicação desses indivíduos. No Brasil, já foram identificados biótipos de *Amaranthus hybridus* resistentes a herbicidas como o glifosato e os inibidores da ALS, incluindo casos de resistência múltipla, o que limita as opções de controle químico (Embrapa, 2014).

Outro fator determinante para a eficiência do controle do caruru está relacionado ao estádio de desenvolvimento das plantas no momento da aplicação dos herbicidas. Plantas em estádios iniciais apresentam maior suscetibilidade aos produtos químicos, enquanto plantas mais desenvolvidas tornam-se mais tolerantes devido ao aumento da área foliar, espessamento da cutícula e maior capacidade de metabolização dos herbicidas. Dessa forma,

aplicações tardias tendem a apresentar menor eficiência, favorecendo a sobrevivência das plantas e o aumento do banco de sementes no solo (Embrapa, 2009; Ribeiro, 2020).

Diante desse cenário, torna-se essencial a adoção de estratégias de manejo integrado de plantas daninhas, incluindo o uso de misturas de herbicidas com diferentes mecanismos de ação, visando aumentar a eficiência de controle e reduzir a seleção de biótipos resistentes. Entretanto, em sistemas consorciados com braquiária, é fundamental considerar a seletividade dos herbicidas, uma vez que aplicações inadequadas podem comprometer o desenvolvimento da forrageira. Assim, a escolha correta dos produtos, bem como o ajuste de doses e estádios de aplicação, é indispensável para garantir o equilíbrio do sistema produtivo e maximizar sua eficiência (Ribeiro, 2020).

Diante disso, o trabalho tem como objetivo analisar a melhor época e melhores herbicidas para o controle do caruru no consorcio milho com braquiária.

Material e Métodos

O experimento teve início no dia primeiro de fevereiro de 2026 e foi conduzido até o dia quatro de abril de 2026, no município de Mercedes - PR, situado sob as coordenadas geográficas 24°24'16" S e 54°11'55" O.

No dia primeiro de fevereiro de 2026, realizou-se o plantio do milho em consórcio com a braquiária (*Brachiaria* spp.), a qual foi semeada simultaneamente na linha de plantio utilizando-se a densidade de 6 kg ha^{-1} de sementes.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados (DBC), composto por doze tratamentos e duas repetições, totalizando 24 parcelas. A instalação do ensaio ocorreu no dia 14 de março de 2026, com a demarcação das parcelas. Cada unidade experimental apresentou uma área de 15 m², perfazendo uma área útil total de 360 m².

Os tratamentos trabalhados foram do T1 até T6 foi feito no estádio vegetativo com aproximadamente 12 folhas, e os tratamentos do T7 até T12 foi feito no estádio reprodutivo. Os tratamentos T1 Testemunha, T2 aplicação do herbicida Aurora (carfentrazone) com dose de 0,075 L há^{1}, T3 aplicação do herbicida Aminol 806 (2,4-D) na dose de 1,5 L ha^{-1}, T4 aplicação do herbicida Atrazina SD 500 SC (atrazina) na dose de 5 L ha^{-1}, T5 aplicação do herbicida Soberan (tembotriona) com dose de 0,240 L ha^{-1}, no T6 aplicação dos herbicidas Aminol 806 + Atrazina SD 500 SC nas mesmas doses anteriores.

E nos tratamentos T7 Testemunha, T8 aplicação do herbicida Aurora (carfentrazone) com dose de 0,075 L há^{1}, T9 aplicação do herbicida Aminol 806 (2,4-D) na dose de 1,5 L ha^{-1}, T10 aplicação do herbicida Atrazina SD 500 SC (atrazina) na dose de 5 L ha^{-1}, T11 aplicação do herbicida Soberan (tembotriona) com dose de 0,240 L ha^{-1}, no T12 aplicação dos herbicidas Aminol 806 + Atrazina SD 500 SC nas mesmas doses anteriores.

As aplicações foram realizadas em 21 de março de 2026, primeira aplicação foi feita nos tratamentos nas plantas no estádio vegetativo, com aproximadamente 12 folhas. No mesmo dia foi aplicado nos tratamentos que estavam no estádio reprodutivo.

As aplicações no caruru foram feitas com uma bomba costal com bico leque simples, e foi utilizando os EPIs necessários, as dosagens dos produtos foram feitas de acordo com a dose mais alta recomendada para a planta daninha na bula, de acordo com os herbicidas aplicados, e foi adicionado 1 ml de óleo mineral para cada 1 L de calda.

Aos 14 dias após a aplicação (DAA), em quatro de abril de 2026, realizou-se a avaliação individualizada dos tratamentos. Mensurou-se a eficácia por meio de escala visual de controle (0 a 100%), em que 0% indicou ausência de efeito herbicida e 100% a morte da planta.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos evidenciam que a eficiência do controle do caruru está diretamente relacionada ao estádio de desenvolvimento da planta daninha e ao herbicida utilizado.

Na Tabela 1 abaixo, referente ao controle no estádio vegetativo, observa-se elevada eficiência da maioria dos tratamentos, com destaque para T3 (2,4-D), T4 (atrazina) e T6 (2,4-D + atrazina), que apresentaram 100% de controle, além do T2 (carfentrazone), com 98%.

Tabela 1 - Controle da aplicação de diferentes tipos de herbicida no caruru no estádio vegetativo.

Tratamentos	Controle no estádio vegetativo (%)
T1	0
T2	98
T3	100
T4	100
T5	50
T6	100

Nota: Controle expresso em percentual (%), em que 0% representa a ausência de sintomas de injúria e 100% a morte total da planta.

Esses resultados indicam que aplicações realizadas em estádios iniciais são mais eficazes, uma vez que plantas jovens apresentam menor capacidade de recuperação após a aplicação de herbicidas (Oliveira Junior *et al*., 2011).

O bom desempenho do 2,4-D pode ser explicado por sua ação como herbicida mimetizador de auxina, altamente eficiente no controle de plantas daninhas de folha larga. O 2,4D é uma auxina sintética que atua provocando distúrbios diversos (crescimento anormal de tecidos, obstrução do floema, morte do sistema radicular, epinastia das folhas, os quais levam as plantas sensíveis à morte (Rodrigues; Almeida, 1998).

Já a atrazina, inibidora do fotossistema II, apresenta ação residual e amplo espectro de controle, sendo eficiente no manejo de espécies do gênero *Amaranthus* (Oliveira Junior *et al*., 2011). A associação entre esses herbicidas (T6) promoveu controle total, evidenciando efeito sinérgico, o que está de acordo com estudos que demonstram maior eficiência de misturas de herbicidas em relação ao uso isolado (Siqueira *et al*., 2014).

O herbicida carfentrazone (Aurora), utilizado no T2, apresentou 98% de controle no estádio vegetativo, sendo classificado como inibidor da PROTOX, com ação de contato e rápida dessecação. No entanto, herbicidas de contato tendem a apresentar menor eficiência em plantas mais desenvolvidas, devido à limitação na translocação (Cervoni *et al*., 2016).

Por outro lado, o tratamento T5 (tembotriona), segundo Grossmann e Ehrhardt (2007), a inibição da síntese de carotenoides causada pela ação do herbicida leva à decomposição da clorofila pela luz, como resultado da perda da fotoproteção fornecida pelos carotenoides. Esse fato resulta na degradação oxidativa da clorofila e, em casos mais extremos, na oxidação das membranas celulares.

O tratamento T5 apresentou apenas 50% de controle, indicando menor eficiência quando aplicado isoladamente. Esse comportamento pode estar relacionado ao mecanismo de ação do herbicida e à possível tolerância do caruru, sendo recomendado seu uso em associação com outros herbicidas para melhores resultados (Carvalho *et al*., 2006).

O tratamento testemunha (T1), foi utilizado de parâmetro para analisar a diferença entre as parcelas que foram aplicadas herbicidas, não tendo nenhum controle e paralização do crescimento da planta daninha.

Na Tabela 2, referente ao estádio reprodutivo, observa-se redução significativa na eficiência de alguns tratamentos, como T8 (carfentrazone), com 30%, e T11 (tembotriona), com apenas 20% de controle.

Como o tratamento T8 (carfentrazone) é um produto de contato e as plantas de caruru estavam em um porte elevado, a aplicação do herbicida não atingia todas as folhas da planta daninha, assim tendo um baixo controle.

Também a campo as plantas daninha no tratamento T11 apresentaram paralização no crescimento e apresentava sintomas do herbicida, mas ainda assim teve baixo controle por não matar as plantas.

Tabela 2 - Controle da aplicação de diferentes tipos de herbicida no caruru no estádio reprodutivo.

Tratamentos	Controle no estádio reprodutivo (%)
T7	**0**
T8	**30**
T9	**100**
T10	**100**
T11	**20**
T12	**100**

Nota: Controle expresso em percentual (%), em que 0% representa a ausência de sintomas de injúria e 100% a morte total da planta.

Esse resultado evidencia a maior dificuldade no controle de plantas em estádios avançados, devido ao maior porte, maior área foliar e maior capacidade de rebrota (Silva *et al*., 2010).

Em contrapartida, os tratamentos T9 (2,4-D), T10 (atrazina) e T12 (2,4-D + atrazina) mantiveram 100% de controle, demonstrando elevada eficiência mesmo em plantas desenvolvidas. Esse comportamento pode ser explicado pela ação sistêmica desses herbicidas, que possibilita maior translocação e controle mais eficiente da planta daninha (Oliveira Junior *et al*., 2011).

Além disso, estudos demonstram que a utilização de herbicidas em mistura, com diferentes mecanismos de ação, pode proporcionar controle superior a 90% em caruru, reduzindo também o risco de seleção de plantas resistentes (Cervoni *et al*., 2016).

Outro ponto importante é a ocorrência de resistência em espécies do gênero Amaranthus, especialmente quando há uso repetitivo de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação. Esse fator reforça a necessidade do manejo integrado e da rotação de herbicidas (Carvalho *et al*., 2006).

Outro ponto importante é a ocorrência de resistência em espécies do gênero Amaranthus, especialmente quando há uso repetitivo de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação. Esse fator reforça a necessidade do manejo integrado e da rotação de herbicidas (Carvalho *et al*., 2006).

De forma geral, os resultados obtidos demonstram que aplicações em estádios iniciais são mais eficientes, que herbicidas como 2,4-D e atrazina apresentam elevado desempenho, e que a utilização de misturas é uma estratégia fundamental para o controle eficiente do caruru, estando esses resultados de acordo com a literatura científica disponível.

Conclusões

O controle eficiente de *Amaranthus* spp. em consórcio milho-braquiária é altamente dependente do estádio fenológico da planta daninha e do mecanismo de ação do herbicida. Os herbicidas sistêmicos 2,4-D, atrazina e a mistura em tanque entre ambos proporcionam 100% de

eficácia de controle, independentemente do estádio avaliado (vegetativo ou reprodutivo).

Por outro lado, o herbicida de contato carfentrazona-etílica e o sistêmico tembotriona, quando aplicados isoladamente, apresentam eficácia reduzida no estádio reprodutivo, limitação associada ao maior porte da planta daninha e à menor translocação dos ativos. Portanto, o manejo focado no estádio vegetativo inicial e na rotação de princípios ativos sistêmicos constitui uma estratégia eficiente para mitigar riscos de resistência e prevenir perdas de produtividade na cultura.

Referências

ALMEIDA, R. E. M. **Formas de implantação do consórcio milho com braquiária**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1043506. Acesso em: 12 abr. 2026.

ALVARENGA, R. C.; *et al*. Rendimento do consórcio milho-braquiária. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 1, p. 81-92, 2006.

CARVALHO, S. J. P.; *et al.* **Plantas daninhas e seu manejo**. Londrina: Planta Daninha, 2006.

CECCON, G. **Consórcio milho-braquiária**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/982597. Acesso em: 12 abr. 2026.

CERVONI, J. H. C.; *et al.* Eficácia de herbicidas isolados e em mistura para o controle de *Amaranthus hybridus*. **Ciência e Cultura**, v. 12, n. 2, p. 82–83, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manejo integrado de plantas daninhas no milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Circular Técnica, 32). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/675149/1/CircTec322009.pdf. Acesso em: 12 abr. 2026.

FONTES, J. R. A.; *et al*. **Interferência de plantas daninhas no milho**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1128450. Acesso em: 12 abr. 2026.

GROSSMANN, K.; EHRHARDT, T. On the mechanism of action and selectivity of the corn herbicide topramezone: a new inhibitor of 4- hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. **Pest Management Science**, v. 63, n. 3, p. 429-439, 2007.

LAMEGO, F. P.; *et al*. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2021. Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1134394. Acesso em: 12 abr. 2026.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. *et al.* **Manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011.

RIBEIRO, N. M. **Herbicidas no consórcio milho-braquiária**. 2020. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, 2020.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas.** Londrina: IAPAR, 1998. 648 p.

SILVA, A. A.; *et al.* Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Planta Daninha,** v. 28, n. especial, p. 121-132, 2010.

SIQUEIRA, C. H.; *et al.* Métodos de controle de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, n. 2, p. 95-104, 2014.

CONSÓRCIO MILHO-BRAQUIÁRIA: EFEITOS EM HÍBRIDOS DE MILHO E NA QUALIDADE DO SOLO

Fabrício Luan Weber (AGRONOMIA/PUC-PR, fabricio.weber@pucpr.edu.br), Jacir Daga (AGRONOMIA/PUC-PR, jacir.daga@pucpr.edu.br), Letícia Eduarda Backes (AGRONOMIA/PUC-PR, leticia.backes@pucpr.edu.br), Lucas Barbosa (AGRONOMIA/PUC-PR, l.barbosa4@pucpr.edu.br), Matheus Mugge Loffi (AGRONOMIA/PUC-PR, matheus.loffi@pucpr.edu.br), Weliton Luís Bamberg (AGRONOMIA/PUC-PR, weliton.bamberg@pucpr.edu.br)

Área Temática: Produção vegetal

Resumo: O consórcio entre milho e braquiária (*Urochloa ruziziensis*) tem se destacado como uma estratégia importante para sistemas de produção sustentáveis, especialmente no plantio direto. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agronômico de diferentes híbridos de milho cultivados com e sem consórcio com braquiária, bem como seus efeitos na produtividade e na compactação do solo. O experimento foi conduzido no município de Mercedes-PR, em delineamento de blocos casualizados (DBC), com dez tratamentos e duas repetições. Foram avaliadas variáveis como altura de plantas, altura de inserção de espiga, diâmetro de colmo, produtividade de grãos e resistência do solo à penetração. Os resultados demonstraram que o consórcio com *Urochloa ruziziensis* promoveu redução no desenvolvimento vegetativo do milho, afetando altura de plantas, inserção de espiga e diâmetro de colmo, além de reduzir a produtividade média em 6,10%. No entanto, os efeitos variaram entre os híbridos, evidenciando diferenças quanto à tolerância à competição. Por outro lado, observou-se melhoria na qualidade física do solo, com menor compactação em camadas mais profundas nas áreas consorciadas. Apesar da redução na produtividade, o sistema consorciado mostrou-se viável devido aos benefícios proporcionados pela braquiária, como maior produção de biomassa e melhoria estrutural do solo. Assim, o sucesso do sistema depende da escolha adequada dos híbridos e do manejo da forrageira.

Palavras-chave: produção; descompactação; palhada.

Introdução

A cultura do milho (*Zea mays* L.) apresenta elevada importância econômica no Brasil, sendo amplamente utilizada na alimentação humana, animal e na indústria. Já as gramíneas forrageiras do gênero braquiária, especificamente *Urochloa ruziziensis,* têm papel fundamental nos sistemas produtivos tropicais, especialmente nos sistemas de integração lavoura-pecuária, devido à sua elevada produção de biomassa e adaptação a diferentes condições edafoclimáticas. Nesse contexto, o consórcio entre milho e braquiária tem sido adotado como estratégia para intensificação sustentável da produção agrícola, sendo difundido principalmente a partir da expansão dos sistemas de plantio direto e integração lavoura-pecuária no Brasil, visando otimizar o uso da terra e melhorar a qualidade do solo (Queiroz *et al.,* 2016).

Diferentes tipos de híbridos de milho podem apresentar respostas distintas quando cultivados em consórcio com braquiária, principalmente em função de características genéticas como vigor inicial, arquitetura de planta e capacidade competitiva por luz, água e nutrientes. Híbridos com maior crescimento inicial e porte mais elevado tendem a suprimir melhor o desenvolvimento da forrageira, reduzindo a competição interespecífica, enquanto materiais menos vigorosos podem ser mais afetados pela braquiária, refletindo em variações na produtividade de grãos (Silva *et al.,* 2012).

Segundo Ferreira e Vieira (2024), há diferenças no desempenho de cultivares e híbridos em sistemas consorciados, evidenciando que alguns materiais mantêm produtividade semelhante ao cultivo solteiro, enquanto outros apresentam maior sensibilidade à competição.

Silva *et al*. (2015) apontam que, apesar das vantagens, o consórcio pode apresentar limitações relacionadas à competição interespecífica por recursos como água, luz e nutrientes. Estudos indicam que o aumento da densidade da braquiária pode reduzir significativamente os teores de nutrientes no milho, como nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio, além de comprometer a produtividade de grãos, especialmente em densidades superiores a 14 plantas m^{-2}.

Além disso, podem ocorrer reduções no tamanho de espigas e em outros componentes produtivos do milho, evidenciando que o manejo inadequado do consórcio pode resultar em perdas de produtividade.

Por outro lado, os benefícios do sistema são relevantes, destacando-se a produção de palhada para cobertura do solo, redução da compactação, melhoria da estrutura física e aumento da matéria orgânica. O sistema radicular profundo da braquiária contribui para a ciclagem de nutrientes e favorece o desenvolvimento de culturas subsequentes (Richart *et al*., 2010).

Ademais, o consórcio, quando bem manejado, mostra-se tecnicamente viável sem comprometer o rendimento do milho, especialmente quando a semeadura das espécies é realizada de forma simultânea (Garcia *et al*., 2012).

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos do consórcio milho-braquiária sobre diferentes híbridos de milho, avaliando produtividade, tamanho das plantas e resistência a penetração.

Material e Métodos

O experimento teve o início dia 20/02/25 e foi conduzido até o dia 11/09/25, em uma área comercial no município de Mercedes, PR, localizada nas coordenadas geográficas -24°25’29,0” S, 54°10’09.2” W e altitude de 310 m.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Eutroférrico (Embrapa, 2013). O experimento ocorreu em sistema de semeadura direta sobre a palhada de soja.

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com 10 tratamentos compostos de híbridos de milho com e sem braquiária, com duas repetições cada, totalizando 20 parcelas. Cada parcela possuía 50 metros quadrados, constituída por 10 linhas de 50 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,50 m e três plantas por metro linear. A área útil considerada foi oito linhas centrais, desconsiderando 0,50 m de cada lateral do experimento.

Os híbridos de milho utilizados no experimento foram Agroceres AG 8701 PRO4; Brevant B2702VYHR; Forseed FS615PWU; Morgan MG408 PWU e Sempre 20A38 VIP3. A semeadura do milho ocorreu no dia 20/02/2025. Todos os manejos de doenças e pragas foram realizados conforme a necessidade da cultura.

Foi utilizado uma caixa de sementes finas acoplada na frente da caixa de adubo da semeadeira de precisão para realizar a semeadura da braquiária no mesmo momento da semeadura do milho.

A adubação foi realizada na linha com aproximadamente 370 kg ha^{-1} de adubo organomineral com formulação 7-7-7. A caixa de sementes finas foi regulada para semear 4 kg ha^{-1} de *Urochloa ruziziensis*.

No dia 16 de julho foram realizadas avaliações nas parcelas utilizando um trena para medir altura de plantas e altura de inserção de espiga e foi utilizado um paquímetro para medir o diâmetro de colmo das plantas de milho próximo ao solo. No total foram realizadas 5 avaliações de plantas de milho por parcela.

Antes de ser realizada a colheita foram demarcados 1 m^2 nas parcelas de consorcio milho-braquiária e coletados toda massa verde da braquiária para realizar cálculo de matéria verde e posteriormente matéria seca por hectare que o capim contribui para o sistema.

A braquiária coletada dentro de 1m^2 das parcelas com consórcio foram deixados no sol sobre uma lona por cerca de 14 dias, para perder toda umidade presente no capim até que ela não perdesse mais peso, demostrando que a amostra estava seca.

A colheita foi realizada no dia 22 de julho, por uma colheitadeira automotriz da marca Case modelo 2388 acoplada a uma plataforma de milho. Após a colheita de cada parcela era descarregada todo o volume da parcela dentro de um bag de 1.000 kg e com ajuda de um trator com lâmina era pesado o bag com uma balança para estimar a produtividade do milho por hectare.

Conforme a colheitadeira realizava o descarregamento da parcela no bag era retirado amostras para corrigir a umidade para 13% e valores convertidos por kg por ha^{-1}. Com a braquiária dessecada 50 dias após a colheita, foram realizadas avaliações de compactação de solo utilizando o penetrômetro digital PenetroLOG da marca Falker, nessa avaliação foi avaliado a compactação do solo na entre linha do milho consorciado com braquiária e sem o consórcio, sendo realizado avaliações de 0 até 0,60 m de profundidade.

Foram realizados um total de 60 análises de compactação, sendo realizados 3 avaliações em pontos diferentes nas parcelas que era consorciado e sem braquiária.

Todos os resultados da avaliação da compactação do solo ficaram armazenados no equipamento da Falker para mais tarde serem transferidos via bluetooth para o aplicativo no celular dos estudantes.

Resultados e Discussão

Como pode se observar na Tabela 1 abaixo, todos os híbridos de milho consorciado com *U. ruziziensis* tiveram resultado menor em altura de plantas, altura de inserção de espiga e diâmetro de colmo em relação ao cultivo de milho realizado sem consórcio, demostrando que a braquiária impactou no desenvolvimento do milho.

O híbrido Forseed sem consórcio apresentou uma maior altura entre todos os híbridos, enquanto o híbrido Sempre teve uma menor altura quando consorciado, na maioria dos híbridos os resultados de altura ficaram semelhantes quando consorciados ou não.

Os resultados obtidos na Tabela 1 se assemelham com os resultados de autores como Pariz *et al*. (2011), que afirmam que a braquiária quando semeada a lanço na mesma época do milho há maior competição e estabelecimento precoce da forrageira, resultando em plantas de milho de menor porte. Esse comportamento é

atribuído pela maior competição pela luz e aumento de limitação hídrica e nutricional durante o período crítico de desenvolvimento do milho.

Tabela 1 - Representativa de milho em diferentes híbridos com consorcio milho com braquiária(C) e milho solteiro (S), altura da planta em (m), altura de inserção da espiga em (m), grossura de colmo em (mm).

Híbridos	Altura de planta (m)	Altura de inserção de espiga (m)	Diâmetro de colmo (mm)
AG 8701 S/braquiária	2,40 cd	0,80 b	18,0 ab
AG 8701 C/braquiária	2,35 cd	0,79 b	17,9 ab
B2702 S/braquiária	2,50 bc	1,05 a	18,3 ab
B2702 C/braquiária	2,46 cd	0,98 ab	16,8 b
FS615 S/braquiária	2,69 a	0,99 ab	20,3 ab
FS615 C/braquiária	2,65 ab	0,97 ab	19,5 ab
MG408 S/braquiária	2,43 cd	0,98 ab	19,1 ab
MG408 C/braquiária	2,37 cd	0,97 ab	16,5 b
S20A38 S/braquiária	2,34 cd	0,97 ab	22,1 a
S20A38 C/braquiária	2,29 d	0,91 ab	17,1 b
C.V. (%)	3,74	11,84	12,79

Médias seguidas com letras diferentes nas colunas apresentam diferença significativa de 5% pelo teste de Tukey. Letras iguais apresentam o mesmo resultado estatisticamente e letras diferentes resultados diferentes.

Os híbridos AG 8701, FS 615, MG 408 e S 20A38 não tiveram diferença estatística de altura de inserção de espiga quando consorciado, já o B 2702 sem consórcio teve maior altura, e com consorcio teve resultado semelhante.

Segundo Pariz *et al*. (2011), essa redução se deve porque a planta de milho sob estresse competitivo, investe menos no crescimento de altura e mais na sobrevivência, tendo um menor comprimento de internódio.

O híbrido S 20A38 foi o único híbrido que teve diferença estatística para grossura de colmo, tendo uma diferença de 5 cm quando consorciado, o restante dos híbridos obteve resultados semelhantes quando consorciados.

Conforme Pariz *et al*. (2011) essa redução de diâmetro de colmo observada na maioria dos híbridos ocorre devido à menor disponibilidade de fotoassimilados, pois a braquiária consome parte da radiação, água e nutrientes que seriam utilizados para o engrossamento do colmo das plantas de milho, aumentando a vulnerabilidade ao tombamento e dificuldade no momento da colheita mecanizada.

Como pode ser observado na Tabela 1, o híbrido S20 A38 foi o híbrido que teve menor desempenho em tamanho de plantas, altura de inserção de espiga e grossura de colmo em relação a outros híbridos como AG 8701 que teve nenhuma diferença estatística consorciado com a braquiária ou não.

Segundo Paris *et al.* (2011), alguns híbridos de milho têm maior vigor inicial, folhagem ereta e dossel que se fecha mais rápido, consequentemente conseguindo suprimir melhor o desenvolvimento inicial da braquiária e reduzindo a perda de produtividade. Nesse caso o híbrido S 20ª38 teve diferença estatística e perda de produtividade devido ao menor desenvolvimento e arranque inicial ocorrendo perca de produtividade, já o híbrido AG 8701 conseguiu ter pouca variação devido a possuir essas características iniciais de bom desenvolvimento inicial conseguindo suprimir a braquiária.

Tabela 2 - Tabela representativa da produtividade em kg ha^{-1} de diferentes híbridos com consorcio milho com braquiária, e milho solteiro, diferença representaa em %.

Híbridos	Produtividade (kg ha^{-1}) Sem braquiária	Com braquiária	Diferença (%)
AG 8701	7611,57	7398,34	2,84
B 2702	5533,88	5330,57	3,74
FS 615	6099,17	5652,89	7,59
MG 408	5380,16	5206,61	3,28
S 20A38	5942,97	5214,04	13,07
Média	6113,55	5760,49	6,10

Como se pode observar na tabela 2 acima, a produção dos híbridos de milho quando consorciado com a braquiária reduziu em aproximadamente 6,10% em comparação ao milho solteiro.

Essa perda de produção com o milho em consórcio foi superior aos resultados de Alvarega *et al*. (2006) que apresentou resultados que o milho consorciado na média, reduz a produção em até 5%.

Os resultados obtidos se assemelham aos de Borghi *et al*. (2006), que afirma que o consorcio milho e braquiária diminui a produção do milho, propondo uma opção de manejo que pode ser utilizada para reduzir os danos da representada em (Mpa), em diferentes híbridos no consórcio

manejo que pode ser utilizada para reduzir os danos da produtividade do milho, como a utilização de doses baixas de herbicidas, com um objetivo de travar a braquiária para ocorrer menor competição por água e nutrientes.

Essas perdas estão associadas à competição por água, luz e nutrientes, intensificada quando a braquiária é semeada junto com o milho, favorecendo seu estabelecimento devido à proximidade com o adubo. De acordo Silva *et al*. (2015), há um nível máximo tolerável de interferência, porém densidades superiores a 14 plantas m^{-2} de braquiária já promovem reduções significativas na produtividade. Além disso, conforme Vidal (2010), o aumento da densidade da forrageira intensifica a competição até certo limite, quando a competição entre as próprias plantas passa a restringir seu crescimento.

Apesar da redução na produtividade, o consórcio se mostra viável, pois as perdas são relativamente baixas e podem ser compensadas pela produção de forragem. A braquiária contribui com maior produção de matéria seca, especialmente quando implantada simultaneamente ao milho (Pequeno *et al*., 2006), além de favorecer a cobertura do solo e o sistema de plantio direto. Assim, o sucesso do sistema depende do manejo adequado da densidade da forrageira.

Tabela 3 - Tabela representativa da massa verde e seca da cobertura da braquiária em kg ha^{-1}

Massa verde	Massa seca
kg ha^{-1}	
10.600	5.340

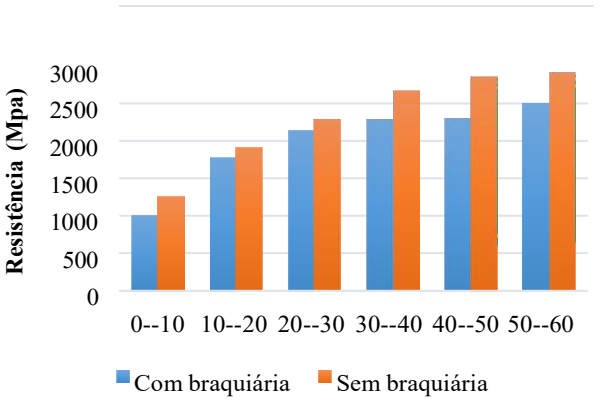
A produção de matéria seca produzida até na colheita do milho se mostrou superior aos trabalhos de Pariz *et al*. (2011) onde a braquiária produziu apenas 2.500 kg ha^{-1} e podendo chegar a um total de matéria verde próximo a 26.000 kg ha^{-1}.

Podemos observar na Figura 1 abaixo, conforme a profundidade do solo aumenta, os níveis de compactação do solo sem braquiária tiveram um aumento crescente, enquanto o solo com braquiária a partir da camada de 20 cm de profundidade a compactação do solo elevou pouco e se manteve mais estável, tendo um pouco acréscimo de resistência ao solo conforme aumentava profundidade.

A maior diferença de compactação de solo foi observada na camada de 40 a 50 cm de profundidade, obtendo um valor de 555 MPa de diferença entre o consorcio e o milho solteiro.

O solo sem braquiária a partir da camada 30 a 40 cm de profundidade já demostrava compactação do solo, pois a partir dessa camada os valores sempre ficaram acima dos 2500 MPa de resistência.

Figura 1 - Representação gráfica da compactação do solo representada em (Mpa), em diferentes híbridos no consorcio milho com Braquiária, e milho solteiro. O eixo Y representa a resistência à penetração e o eixo X representa as camadas do solo em centímetros.



De acordo com Debiasi *et al.* (2010) valores de resistência a penetração superiores a 2.500-3.000 MPa em solos argilosos e plantio direto indicam a necessidade de descompactação do solo.

Segundo França Filho, Alves e Braga Neto (2023) o consorcio milho e braquiária melhora a qualidade estrutural do solo, pois a braquiária possui raízes profundas capazes de descompactar o solo em camadas mais profundas, reduzindo a densidade do solo, ampliando a porosidade, enquanto o milho solteiro concentra a maior parte das raízes nas camadas mais superficiais.

Conclusões

Os resultados obtidos nesse trabalho mostram que a braquiária quando consorciada com o milho reduz em média 6,10% da produção do milho, reduz o tamanho de altura de planta, inserção da espiga e grossura de colmo, porém esses resultados obtidos podem ser menores ou maiores dependendo do hibrido a ser utilizado em consorcio com o capim, a braquiária traz muitos benefícios para o sistema de produção como descompactação, incremento de palhada, melhoria da qualidade física e aumento de matéria orgânica no solo, demonstrando ser um manejo viável ao produtor pois a tendência para as próximas culturas é o acréscimo de produção.

Referências

ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M. **A cultura do milho na Integração Lavoura-Pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 12 p.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA C. Desenvolvimento da cultura do milho em consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema de plantio direto. **Energia Agrícola**, v. 21, p. 19-33, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2006.

DEBIASI, H., *et al.* Valores críticos de resistência do solo à penetração como indicadores de compactação em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 415-424, 2010.

FERREIRA, E. A.; VIEIRA, C. R. Desempenho de híbridos de milho em sistema de integração lavoura-pecuária em Capela do Alto/SP. **Revista Sítio Novo**, v. 8, n. 4, p. 90–97, 2024.

FRANÇA FILHO, W. C; ALVES, P. O. A; CABRAL NETO, O. Consórcio milho braquiária. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 9, p. 1-8, 2024.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura pecuária. **Ciência Rural**, v. 41, n. 2, p. 875-882, 2011.

PEQUENO, D. N. L.; *et al.* Efeito da época de semeadura da *Brachiaria brizantha* em consórcio com o milho, sobre caracteres agronômicos da cultura anual e da forrageira, em Gurupi, estado do Tocantins. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, v. 2, n. 3, p.127- 133, 2006.

QUEIROZ, R. F.; *et al.* Consórcio de milho com *Urochloa ruziziensis sob plantio direto*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 3, e238244, 2016.

RICHART, A.; *et al.* Desempenho do milho safrinha e da *Urochloa ruziziensis* cv. comum em consórcio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias,** v. 5, n. 4, p. 497-502, 2010.

SILVA, D. V.; *et al.* Produtividade e teor de nutrientes do milho em consórcio com braquiária. **Ciência Rural**, v. 45, n. 8, p. 1394-1400, 2015.

SILVA, M. G. O.; *et al.* Rendimento de grãos de cultivares de milho em consórcio com *Brachiaria brizantha.* **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 7, n. 1, 2012.

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA E DO IMPACTO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS NA QUALIDADE E CONSERVAÇÃO DE BANANAS PRATA EM CONDIÇÕES CONTROLADAS

Marcos Alessandro Portz (AGRONOMIA/PUC-PR, marcos.portz@pucpr.edu.br), Andria Paula Hoffmann (AGRONOMIA/PUC-PR, andria.hoffmann@pucpr.edu.br), Nicole Ziani Arns (AGRONOMIA/PUC-PR, nicole.ziani@pucpr.edu.br), Stefany Eduarda Kokovicz de Oliveira Galvão (AGRONOMIA/PUC-PR, Stefany.galvão@pucpr.edu.br), Idiana Marina Dalastra (AGRONOMIA/PUC-PR, idiana.dalastra@pucpr.br)

Área Temática: Horticultura

Resumo: Este estudo teve como objetivo avaliar a eficácia de revestimentos comestíveis na conservação pós colheita de bananas, visando prolongar sua vida útil e preservar características sensoriais como sabor, aroma e textura. A pesquisa foi realizada no laboratório de sementes da Pontifícia Universidade Católica do Paraná – Câmpus Toledo. Foram testados cinco tratamentos: amido de milho, fécula de mandioca, fécula de batata, farinha de arroz e farinha de soja, além de um grupo controle sem revestimento. Vinte e quatro bananas da cultivar prata (*Musa sapientum*) foram divididas em seis grupos com quatro repetições cada, e monitoradas a cada três dias durante quinze dias. As variáveis analisadas incluíram perda de massa, coloração e textura. Os resultados mostraram que, embora alguns revestimentos tenham reduzido a perda de massa e preservado o aroma, sua eficácia na manutenção do sabor e no controle de doenças fúngicas, como a antracnose, foi limitada. A coloração das bananas alterou-se ao longo do tempo, indicando deterioração, o que pode comprometer a aceitação do consumidor. Conclui-se que os revestimentos comestíveis utilizados demonstram potencial limitado quando aplicados isoladamente. Portanto, sugere-se sua utilização associada a estratégias complementares, como fungicidas naturais e controle ambiental, visando maior eficácia na conservação pós-colheita de bananas.

Palavras-chave: armazenamento, pós-colheita, preservação.

Introdução

A Banana é classificada como fruto climatérico, cujas características são de aumento da taxa respiratória (pico climatérico), produção autocatalítica de etileno e alterações organolépticas substanciais durante o seu amadurecimento. O rápido amadurecimento leva a um amolecimento dos tecidos dos frutos, devido à degradação dos componentes da parede celular. Consequentemente, a vida útil dos frutos é reduzida (Cunha *et al.*, 2018; Jiang *et al*., 2019).

As técnicas de conservação de frutas geralmente dependem de refrigeração, muitas vezes combinadas com embalagens que controlam a atmosfera. No entanto, na prática, garantir a manutenção e o controle eficaz da temperatura em todas as etapas da cadeia de distribuição. Nesse contexto, uma alternativa de baixo custo que vem sendo estudada é o uso de coberturas comestíveis ou revestimentos alimentares.

Essas coberturas não visam substituir as embalagens ou eliminar a necessidade de refrigeração ou controle atmosférico, mas atuam como um recurso complementar. Elas ajudam a preservar a textura, o valor nutricional e a cor das frutas, reduzindo as trocas gasosas na superfície e minimizando a perda ou ganho de água (Fratari, 2021).

Nos últimos anos, os revestimentos comestíveis e biodegradáveis têm despertado interesse em razão da possibilidade do aumento da vida útil de frutas, pois apresentam vantagens de menor impacto ambiental e podem conferir propriedades funcionais aos alimentos, agregando valor aos produtos (Hasan; Ferrentino; Scampicchio, 2020).

O objetivo deste estudo é avaliar a eficácia de diferentes tratamentos com revestimentos comestíveis na conservação pós-colheita de bananas, verificando seus efeitos sobre a textura, coloração, aroma e incidência de doenças com quinze dias de armazenamento.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no laboratório de sementes da Pontifícia Universidade Católica do Paraná – Campus Toledo. Para a realização do experimento, foram selecionadas bananas prata (*Musa sapientum*) em estágio inicial de maturação.

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), sendo escolhidas vinte e quatro bananas prata sadias e livres de danos. Foram utilizados gelatina incolor e diferentes tipos de tratamentos com amidos, féculas e farinhas, entre eles: fécula de mandioca, fécula de batata, amido de milho, farinha de arroz e farinha de soja. As bananas foram separadas em seis grupos, com quatro bananas em cada bandeja, recebendo

diferentes tipos de tratamentos, sendo um deles o grupo controle (sem nenhum revestimento).

Para a condução do experimento, realizou-se a higienização das bananas, que foram divididas em grupos de quatro unidades, sendo cada uma considerada uma repetição. As frutas foram pesadas separadamente e mergulhadas em uma solução contendo 50 g de amido, fécula ou farinha e 40 g de gelatina incolor por litro. Permaneceram submersas por um minuto, foram retiradas e depositadas em uma bandeja para secagem e fixação da película. Em seguida, foram armazenadas em câmara BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio) a uma temperatura de 13°C e umidade relativa de 85%, garantindo-se o controle preciso de temperatura, umidade e outros fatores.

A avaliação foi realizada periodicamente, a cada três dias, analisando-se a perda de massa, coloração, textura e incidência de patógenos em cada repetição. O experimento teve duração aproximada de quinze dias. Na análise final, realizou-se a degustação das frutas, que foram classificadas de acordo com a palatabilidade.

Os dados coletados foram analisados para identificar diferenças significativas no sabor, coloração e textura das bananas. Posteriormente, utilizou-se a análise de variância (ANOVA) para comparar a perda de massa entre os seis grupos, quando significativa, aplicou-se o teste de Tukey para a comparação múltipla das médias.

Resultados e Discussão

O presente estudo analisa a utilização de diferentes tratamentos à base de amidos e farinhas na conservação pós-colheita de bananas ao longo de um período de 15 dias, com avaliações realizadas a cada três dias. Foram testados cinco tratamentos, sendo: amido de milho, fécula de mandioca, farinha de arroz, fécula de batata e farinha de soja. Conforme a Tabela 1 abaixo, a análise estatística dos resultados revelou que, apesar de algumas variações numéricas, não houve diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos nos intervalos avaliados, isso levando em consideração a variável massa fresca das amostras.

Tabela 1 - Valores médios de massa fresca de frutos de banana prata submetidos a diferentes películas de revestimento, Toledo PR, 2024.

Tratamentos	5 dat	10 dat	15 dat
Controle	90,00 a	86,50 a	80,25 a
Amido de milho	91,75 a	89,00 a	84,50 a
Fécula de mandioca	91,25 a	88,50 a	83,75 a
Farinha de arroz	91,25 a	88,75 a	83,75 a
Fécula de batata	90,25 a	86,25 a	81,50 a
Farinha de soja	92,25 a	89,00 a	83,50 a
CV%	2,03	2,36	3,47

Fonte: os autores, 2024.
*Letras diferentes nas colunas 5, 10, 15 dat (dias após tratamento) se igualam entre si pelo teste de TUKEY com probabilidade de erro de 5%.

Ao contrário do encontrado no presente trabalho a utilização de féculas na conservação de frutas e hortaliças, tem apresentado resultados satisfatórios, visto que influencia positivamente na conservação e proteção do fruto, o revestimento com o uso da fécula de mandioca por exemplo, apresenta propriedades como redução de massa e perda por taxas respiratórias, além de não ser uma substância intoxicante (Costa, 2022).

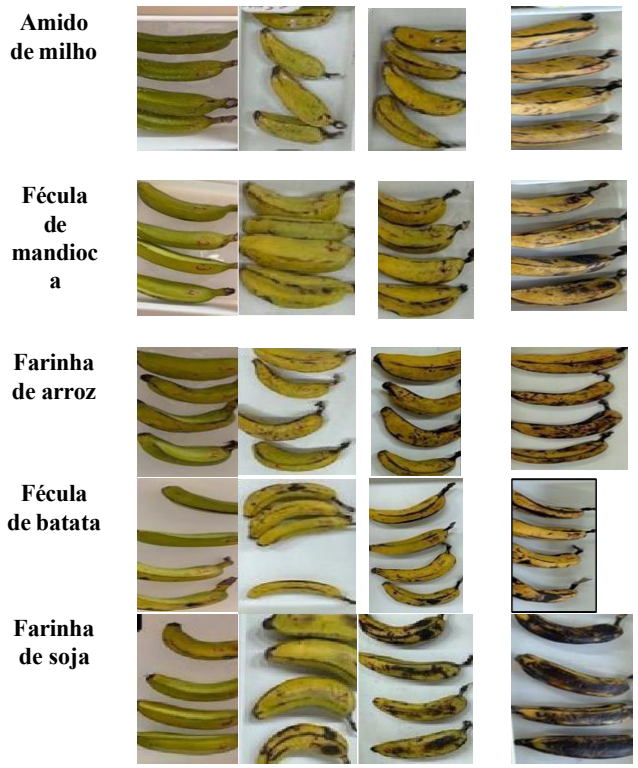
Em contrapartida, a relativa inexpressividade no experimento com os revestimentos pode estar relacionada à capacidade própria das bananas em reter propriedades físicas e sensoriais por um curto período, sem quaisquer tratamentos adicionais. Estudos atuais evidenciam que a cultura em si apresenta um processo acelerado de amadurecimento, que ocorre em um curto período (Silva *et al.*, 2022). Esta característica natural pode ser responsável pelos resultados semelhantes estatisticamente encontrados nos tratamentos, tanto os que possuem revestimento, além da testemunha onde não foi realizada nenhuma aplicação de revestimento, ou seja, os tratamentos não retardam a taxa de amadurecimento dos frutos.

Além de que se deve considerado as condições nas quais os revestimentos sendo de amido ou farinha são armazenados impacta severamente nos resultados obtidos, onde a temperatura e a umidade são fatores relevantes, sendo portanto, possíveis interferências nos resultados obtidos (Pereira *et al*., 2021).

Durante o experimento, foi observado a incidência de antracnose nas bananas, sendo uma doença fúngica causada principalmente pelo *Colletotrichum spp.*, que resultou em sérios danos à qualidade dos frutos contaminados. No decorrer do período de armazenamento, as bananas apresentaram progressivamente uma alteração de cor se tornando mais escuras, indicando presença de lesões e deterioração nos frutos (Joo, 2019), como é observado na figura 1.

Figura 1 - Processo de deterioração das bananas.
*dat (dias após tratamento).

Tratamentos	Dia 1 início tratamento	5 dat	10 dat	15 dat
Controle				



Fonte: os autores, 2024.

Os tratamentos com revestimentos comestíveis não mostraram eficácia significativa na prevenção da antracnose, logo mesmo que os revestimentos possam proporcionar uma leve proteção contra perdas de massa e umidade, eles não são suficientes para combater infecções fúngicas em condições favoráveis ao desenvolvimento de patógenos. Segundo estudos de O'Brien *et al.* (2020), a resistência das bananas à antracnose pode variar dependendo do estádio de maturação e das condições de armazenamento, ressaltando a importância de um manejo integrado que considere tanto as características intrínsecas dos frutos quanto às condições ambientais em que estão presentes.

Além disso, a coloração escura é frequentemente associada à deterioração e pode reduzir a atratividade do produto para os consumidores (Zhang *et al.*, 2021). Portanto, futuras investigações devem explorar não apenas a combinação de revestimentos comestíveis, mas também o uso de fungicidas naturais e o controle ambiental para maximizar a vida útil e a qualidade das bananas durante o armazenamento.

Durante a análise sensorial das bananas, observou-se que aquelas com revestimento apresentaram um aroma intensamente pronunciado, característico da fruta, indicando a preservação de compostos voláteis. No entanto, essas frutas revestidas demonstraram um sabor menos pronunciado, sugerindo que a barreira do revestimento pode ter restringido a liberação de compostos saborosos como açúcares (glicose, frutose e sacarose), ácidos orgânicos e compostos voláteis, especialmente ésteres, que se intensificam durante o amadurecimento. Em contrapartida, as bananas do grupo controle, que não receberam revestimento, mantiveram o sabor tradicional, proporcionando uma experiência sensorial mais agradável.

Esse fenômeno pode ser atribuído à interação entre a composição química dos frutos e as alterações físicas promovidas pelo revestimento, que, embora detenha características organolépticas, pode não ser eficaz na preservação do sabor (Wang *et al.*, 2022).

A pesquisa demonstra que o uso de revestimentos comestíveis na conservação pós-colheita de bananas apresenta complexidades em relação a preservação das características organolépticas e na prevenção de doenças. Embora os revestimentos à base de amidos e farinhas tenham demonstrado algum potencial na redução de perda de massa e na manutenção do aroma, sua eficácia na preservação do sabor e na prevenção de doenças foi limitada. A incidência de antracnose, associada a condições favoráveis ao desenvolvimento do patógeno, evidenciou a necessidade de uma abordagem integrada que combine o uso de revestimentos comestíveis e métodos adicionais, como fungicidas naturais e controle ambiental.

Além disso, as alterações de coloração observadas nas bananas tratadas refletem a deterioração, o que pode comprometer a aceitação do consumidor. Os resultados indicam que, apesar dos benefícios das coberturas, é crucial considerar o equilíbrio entre a preservação do aroma e do sabor. Futuras pesquisas devem investigar combinações de revestimentos e técnicas de manejo integrado, visando otimizar a qualidade e a vida útil das bananas no contexto da cadeia produtiva. Isso é fundamental para promover a sustentabilidade e a competitividade do setor agrícola.

Conclusão

O uso de películas comestíveis em bananas é parcialmente viável. No entanto, apresentaram limitações na manutenção do sabor e no controle de doenças, como a antracnose. Dessa forma, o uso isolado dessas películas não é suficiente, sendo recomendada a sua aplicação em conjunto com outras estratégias, como fungicidas naturais e controle ambiental, para melhores resultados na conservação pós-colheita.

Referências

COSTA, Fábia; *et al*. Revestimentos comestíveis à base de fécula de mandioca (*manihot esculenta*) em produtos vegetais: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. e54511427428e54511427428, 2022.

COSTA, L. M. Utilization of starches in edible coatings: a review. **Food Engineering Reviews,** v.14, n.2, p. 151-167, 2022.

CUNHA, M. C. da; e*t al*. Propolis extract from different botanical sources in postharvest conservation of papaya. **Acta Scientiarum**. Technology, v.40, p. e31074, 2018.

FRATARI. Revestimentos comestíveis para conservação pós colheita de banana: uma revisão. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.** 4, p. 444, 2021.

HASAN, K. S. M.; FERRENTINO, G.; SCAMPICCHIO, M. Nanoemulsion as advanced edible coatings to preserve the quality of fresh-cut fruits and vegetables: A review. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 55, p. 1 - 10, 2020.

JIANG, B. *et al*. Comparative proteomic analysis provides novel insights into the regulation mechanism underlying papaya (*Carica papaya L.*) exocarp during fruit ripening process**. BMC Plant Biology**, v.19, n.1, p. 238, 2019.

JOO, J. H.; *et al.* Anthracnose diseases of banana: A review. **Mycobiology,** v.47, n.2, 141-153, 2019.

MARTINS, V.; Pereira, J.; Silva, M. Proteinbased edible films: A sustainable approach to fruit preservation. **Journal of Food Engineering, v.**110, n.2, p. 320329, 2018.

O'BRIEN, B.; *et al.* Resistance of bananas to anthracnose: The role of ripening and storage conditions. **Plant Disease**, v.104, n.5, p.1234-1240, 2020.

PEREIRA, L. C.; SOARES, M. C.; ANDRADE, L. A. Efficacy of natural coatings in extending shelf life of fresh fruits**. Food Science and Technology International,** v.27, n.3, p.201-210, 2021.

PEREIRA, M. A.; *et al*. Factors affecting the effectiveness of edible coatings in postharvest preservation of fruits. **Jornal of Agricultural and Food Chemistry**, v.69, n.5, p.1615-1627, 2021.

SILVA, J. M.; *et al*. The impact of ripening on postharvest quality of bananas: implications for storage. **HortScience**, v.57, n.9, p.1167-1175, 2022.

SILVA, R. F.; SOUZA, P. D.; MENDONÇA, J. L. Utilization of cassava starch in preservation of tropical fruits: A review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry,** v.60, n.15, p. 6520-6527, 2022.

WANG, S.; e*t al*. The impact of edible coatings on the sensory properties of fruits: A review. **Food Quality and Preference,** v.93, p.104317, 2022.

EFICÁCIA DA EMBALAGEM A VÁCUO NA CONSERVAÇÃO PÓSCOLHEITA DE DIFERENTES ESPÉCIES DE CITRUS

Miguel Decker Francener (AGRONOMIA/PUCPR, migueldeckerfrancener123@gmail.com),
Guilherme Jean Gutjahr (AGRONOMIA/PUCPR, guilhermejeangutjahr@gmail.com),
Laís Ribeiro Smek (AGRONOMIA/PUCPR, lais.r.smek@gmail.com),
Thainá Zanotelli Molinari (AGRONOMIA/PUCPR, thaina.molinari@gmail.com),
Idiana Marina Dalastra (AGRONOMIA/PUCPR, idiana.dalastra@pucpr.br)

Área Temática: Horticultura

Resumo: A fruticultura possui grande importância econômica e nutricional, porém apresenta elevadas perdas pós-colheita, especialmente em frutos cítricos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia da embalagem a vácuo na conservação pós-colheita de diferentes espécies de citros. O experimento foi conduzido com frutos coletados em Mercedes – PR e analisados em laboratório da PUCPR Campus Toledo (24°43'32"S; 53°46'02"W), em delineamento em blocos casualizados, com quatro tratamentos (laranja-pera, laranja-lima, limão-taiti e limão-rosa) e cinco períodos de avaliação, totalizando 20 unidades experimentais. Cada unidade foi composta por quatro frutos armazenados em embalagens a vácuo, mantidos em temperatura ambiente. As avaliações foram realizadas aos 0, 5, 10, 15 e 20 dias, analisando-se peso, diâmetro, sólidos solúveis (°Brix), pH e acidez titulável. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5%. Os resultados demonstraram que laranja-pera e laranja-lima apresentaram melhores características físicas e químicas, com maior peso, diâmetro e teores de sólidos solúveis, além de menor deterioração ao longo do armazenamento. Já os limões apresentaram maior acidez, maior perda de qualidade e sinais mais evidentes de deterioração, especialmente após 15 dias. Observou-se também acúmulo de líquido nas embalagens e alterações sensoriais ao longo do tempo. Conclui-se que a embalagem a vácuo é eficiente na conservação de laranjas, porém sua aplicação em limões requer ajustes nas condições de armazenamento para evitar perdas de qualidade.

Palavras-chave: qualidade; citricultura; armazenagem.

Introdução

A fruticultura representa um importante segmento do agronegócio brasileiro, destacando-se pela expressiva produção e exportação de frutos como laranjas, tangerinas, limas e limões (Previdelli; Almeida, 2020). As espécies do gênero Citrus, originárias de regiões tropicais e subtropicais da Ásia, apresentam ampla adaptação climática, sendo cultivadas em diversas regiões do mundo, com destaque para áreas subtropicais (Cunha *et al*., 2013). No Brasil, a produção encontra-se fortemente concentrada na cultura da laranja, especialmente no estado de São Paulo, responsável por grande parte da produção nacional (Vidal, 2024).

Apesar de sua relevância econômica e nutricional, as perdas pós-colheita em frutos cítricos podem atingir níveis elevados, chegando a até 50%, o que compromete a qualidade e o valor comercial do produto. Entre os principais fatores associados a essas perdas estão a perda de água, o amolecimento dos frutos, a redução do brilho e a deterioração sensorial ao longo do armazenamento. Nesse contexto, a adoção de técnicas de conservação pós colheita torna-se fundamental para prolongar a vida útil dos frutos e reduzir perdas na cadeia produtiva. (Todisco; Clemente; Rosa, 2012).

Dentre as ferramentas disponíveis, a embalagem a vácuo apresenta potencial por reduzir a concentração de oxigênio no interior da embalagem, retardando processos oxidativos, perda de umidade e deterioração microbiológica, contribuindo para a manutenção da qualidade físico-química dos frutos durante o armazenamento.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia da embalagem a vácuo na conservação pós-colheita de diferentes espécies de citrus, analisando a qualidade dos frutos durante o armazenamento e identificando as espécies que apresentam melhor desempenho sob essa forma de conservação.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no mês de agosto de 2025, utilizando frutos provenientes de uma propriedade rural localizada no município de Mercedes – PR, sob as coordenadas geográficas 24º27’36,1’’ S e 54º10’46,1’’ W, a uma altitude de 339 m. Após a colheita, os frutos foram transportados para o laboratório da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Câmpus Toledo, localizado nas coordenadas 24°43'32"S e 53°46'02"W, onde foi realizada a montagem e condução do experimento.

Foram utilizadas quatro espécies de citros, correspondendo aos tratamentos: T1 (laranja-pera), T2 (laranja-lima) T3 (limão-taiti) T4 (limão-rosa). Todos os frutos foram submetidos ao mesmo método de conservação, consistindo no acondicionamento em embalagens a vácuo, seladas em máquina específica para produtos alimentícios. O delineamento experimental adotado foi o delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro tratamentos e cinco repetições, correspondentes aos períodos de avaliação realizados aos 0, 5, 10, 15 e 20 dias após a colheita, totalizando 20 unidades experimentais.

Cada unidade experimental foi composta por uma embalagem contendo quatro frutos, caracterizando o tamanho da parcela experimental. Assim, foram utilizados 80 frutos no total, sendo 20 frutos por tratamento.

As amostras foram mantidas sobre bancada, em temperatura ambiente (± 25 ºC), durante todo o período de armazenamento. As avaliações foram realizadas a cada cinco dias, nos períodos previamente estabelecidos.

As variáveis analisadas foram: peso fresco (g), diâmetro (mm), teor de sólidos solúveis totais (°Brix), pH e acidez titulável (%) do suco. O peso foi determinado com auxílio de balança de precisão; o diâmetro, com paquímetro digital; o teor de sólidos solúveis, por meio de refratômetro digital; o pH, com peagâmetro digital; e a acidez titulável foi obtida por titulação com solução de NaOH, utilizando 1 mL de suco diluído em 100 mL de água destilada, com adição de fenolftaleína como indicador.

Após a coleta, os dados foram tabulados e submetidos à análise estatística no software GExpDes, obtendo-se as médias, o coeficiente de variação e a comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, conforme metodologia proposta por Kormann *et al*. (2019).

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos para as variáveis físico-químicas das quatro espécies de citros submetidas ao armazenamento em embalagem a vácuo estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados obtidos para as variáveis físico-químicas dos tratamentos T1 (laranja-pera), T2 (laranja-lima), T3 (limãotaiti) e T4 (limão-rosa) após 20 dias de armazenamento.

TRAT.	PESO	DIÂM.	BRIX	pH	Acidez%
Laranja-pera	146.9a	69.5a	12.31a	4.1b	14.9c
Laranja-lima	146.6a	68.1a	10.05b	5.7a	8.1c
Limão-taiti	85.4b	59.2b	7.63c	2.2c	84.0a
Limão-rosa	85.3b	56.7b	6.68c	4.1c	63.6b
CV%	24.45	6.67	9.85	9.38	14.80

Fonte: os autores, 2025.
Nota: Letras diferentes são significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Observou-se que os tratamentos T1 e T2 não diferiram estatisticamente entre si para as variáveis peso e diâmetro, apresentando médias superiores de 146,9 g e 69,5 mm para a laranja-pera e 146,6 g e 68,1 mm para a laranja-lima. Esses resultados evidenciam melhor desenvolvimento físico dos frutos e maior potencial comercial, principalmente para comercialização in natura, uma vez que peso e tamanho são características diretamente relacionadas à aceitação do consumidor e ao valor de mercado.

Em contrapartida, os tratamentos T3 e T4, correspondentes aos limões, apresentaram menores médias de peso e diâmetro, com valores próximos de 85 g e 58 mm, formando um segundo grupo estatístico. Embora essa diferença esteja relacionada às características próprias de cada espécie, observou-se que frutos com maior massa inicial apresentaram melhor manutenção da integridade física ao longo do armazenamento, demonstrando maior resistência à perda de água e ao murchamento.

Quanto ao teor de sólidos solúveis totais (°Brix), o tratamento T1 (laranja-pera) destacou-se com o maior valor médio (12,31 °Brix), indicando maior concentração de açúcares e, consequentemente, melhor qualidade sensorial, especialmente em relação ao sabor. O tratamento T2 (laranja-lima) apresentou valor intermediário (10,05 °Brix), enquanto os tratamentos T3 e T4 apresentaram menores teores, variando entre 6,68 e 7,63 °Brix. Esses resultados estão de acordo com a natureza dos frutos cítricos avaliados, visto que os limões possuem naturalmente menor teor de açúcares e maior acidez.

Em relação ao pH, verificou-se maior valor no tratamento T2 (5,7), indicando menor acidez do fruto, enquanto o limão-taiti (T3) apresentou o menor pH (2,2) e a maior acidez titulável (84%), seguido pelo limão-rosa (63,6%). Essa relação inversa entre pH e acidez é amplamente descrita na literatura e confirma a consistência dos dados obtidos.

A partir do 10º dia de armazenamento, foi possível observar acúmulo de líquido no interior das embalagens, evidenciando a continuidade do processo de transpiração dos frutos após a colheita. Segundo Veiga *et al*. (2019), mesmo após a colheita, os frutos continuam apresentando perda de água, o que compromete a firmeza e a aparência visual, reduzindo sua qualidade comercial.

No 15º dia, os frutos apresentaram aspecto mais flácido, redução do volume de suco e menor rigidez estrutural, fatores que reduzem significativamente seu valor comercial. Aos 20 dias, foi notório nos tratamentos T2, T3 e T4 o escurecimento da casca, alterações morfológicas, odor intenso e aparência de senescência, indicando deterioração avançada.

O tratamento T1 (laranja-pera) apresentou o melhor desempenho visual e físico durante todo o período experimental, mantendo características internas e externas mais estáveis. Esse resultado corrobora os achados de Azevedo et al. (2017) e Varjão *et al*. (2018), que relatam que a embalagem a vácuo contribui para a manutenção das propriedades físico-químicas e sensoriais dos frutos, reduzindo a oxidação e a perda de umidade.

O coeficiente de variação (CV%) demonstrou boa precisão experimental para as variáveis diâmetro, °Brix, pH e acidez, com valores inferiores a 15%, e variação moderada para peso (24,45%), considerada aceitável em estudos com frutos, devido à heterogeneidade natural entre as amostras.

Dessa forma, os resultados indicam que a embalagem a vácuo apresenta elevado potencial para conservação de laranjas, especialmente da variedade pera, enquanto o uso em limões requer ajustes nas condições de armazenamento, principalmente no nível de vácuo e no controle térmico, para evitar fermentação e perda sensorial.

Conclusão

A conservação de frutos cítricos por meio de embalagem a vácuo demonstrou eficiência variável entre as espécies analisadas, evidenciando que a resposta ao método depende das características fisiológicas de cada fruto. Entre os tratamentos avaliados, laranja-pera (T1) e laranja-lima (T2) apresentaram os melhores resultados físicos e químicos ao longo do período experimental, destacando-se maiores valores de peso, diâmetro e sólidos solúveis, além de melhor manutenção das características visuais.

Referências

AZEVEDO, R. S.; SOUZA, L. F.; PEREIRA, M. C. Efeito da embalagem a vácuo na conservação físicoquímica de frutas. **Revista Brasileira de Pós-Colheita**, v. 12, n. 2, p. 45-53, 2017.

CANTILLANO, R. F. F.; SILVA, J. A.; MOURA, A. C. Qualidade pós-colheita de frutos cítricos armazenados sob atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 210-218, 2011.

CUNHA SOBRINHO, A. P. da; MAGALHÃES, A. F. de J.; SOUZA, A. da S.; PASSOS, O. S.; SOARES FILHO, W. dos S. **Cultura dos citros**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 399 p. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/979492. Acesso em: 17 abr. 2026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de experimentação agrícola e análise estatística**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Tecnologias de conservação pós-colheita de frutas cítricas**. Brasília, DF: Embrapa, 1996. Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/637576. Acesso em: 17 abr. 2026.

KORMANN, E. C.; *et al*. **GExpDes**: software para análise estatística em delineamentos experimentais. 2019.

LIMA, R. S.; TOMÉ, A. L.; ABREU, C. M. Avaliação da atmosfera interna em embalagens para conservação de citros. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 3, p. 522-530, 2014.

PREVIDELI, F. D.; ALMEIDA, M. M. Y. de. O mercado *in natura* do limão Tahiti. **Revista Interface Tecnológica**, Taquaritinga, v. 17, n. 1, p. 409-416, 2020.

TODISCO, K. M.; CLEMENTE, E.; ROSA, C. I. L. F. Perdas pós-colheita em frutos cítricos e técnicas de conservação**. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 5, n. 2, p. 201-214, 2012.

VARJÃO, M. M.; *et al*. Embalagem a vácuo na conservação sensorial e físico-química de frutas. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial,** Ponta Grossa, v. 12, n. 1, p. 2501-2515, 2018.

VEIGA, J. C.; BARBARÁ, M. A.; SILVA, B. M. P.; VALENTINI, S. R. T.; CRISTOFANI-YALY, M.; BRON, I. U. Refrigeração e cera na conservação póscolheita da tangerina IAC 2019Maria. **Citrus Research & Technology**, v. 40, e1046, 2019.

VIDAL, M. F. **Panorama da citricultura brasileira:** produção e mercado. 2024.

MÉTODOS DE ARMAZENAMENTO PÓS-COLHEITA DE BANANA-PRATA (*MUSA SP.*, GRUPO AAB, SUBGRUPO PRATA)

Kethlyn Karine Rodrigues dos Santos (AGRONOMIA/PUCPR, kethlyn18@outlook.com), Camila Maria Demarco (AGRONOMIA/PUCPR, camila.demarco@pucpr.edu.br) e Idiana Marina Dalastra (AGRONOMIA/PUCPR, idiana.dalastra@pucpr.br)

Área Temática: Horticultura

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de diferentes métodos de armazenamento na conservação pós-colheita da banana-prata (*Musa spp*., grupo AAB), analisando os parâmetros físicos, químicos e sensoriais ao longo de cinco dias de observação. O experimento foi conduzido na propriedade da Família Bender, localizada no município de Toledo – PR, utilizando frutos colhidos no ponto de maturação comercial e armazenados sob diferentes combinações de temperatura (ambiente e 4 °C) com diferentes tipos de embalagem (sem vedação, papelfilme, papel-alumínio, plástico comum e papel kraft). As variáveis avaliadas foram coloração/aspecto visual, odor, perda de massa fresca e teor de sólidos solúveis (°Brix), sendo os dados submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. Observou-se que o armazenamento refrigerado reduziu significativamente as alterações de cor, odor e massa, retardando o amadurecimento e mantendo o aspecto comercial dos frutos. Os tratamentos com barreiras físicas, principalmente papel-filme e papel-alumínio, apresentaram resultados superiores, com menores perdas de massa e estabilidade nos valores de °Brix. O tratamento com papel-alumínio sob refrigeração destacou-se como o mais eficiente, apresentando variação mínima no °Brix, odor natural preservado e menor escurecimento da casca. Em contrapartida, os frutos mantidos em temperatura ambiente apresentaram amadurecimento acelerado, com aumento no teor °Brix e odor fermentativo. Conclui-se que a combinação entre baixa temperatura e embalagens que restringem a troca gasosa constitui uma alternativa simples, acessível e eficaz para prolongar a vida útil da banana prata, reduzindo perdas pós-colheita e mantendo sua qualidade sensorial e comercial por mais tempo.

Palavras-chave: conservação; vida útil; tratamentos.

Introdução

A banana-prata (Musa sp., Grupo AAB, subgrupo Prata) é uma das cultivares mais cultivadas e consumidas no Brasil, destacando-se pelo sabor suave, pela boa aceitação no mercado e pela relevância socioeconômica para pequenos e médios produtores (Embrapa, 2023). Segundo o IBGE (2022), o país figura entre os maiores produtores mundiais de banana, com produção superior a 6,8 milhões de toneladas anuais, sendo a banana-prata responsável por uma parcela significativa do abastecimento interno, especialmente nas regiões Sul e Sudeste.

Por ser um fruto climatérico, a banana apresenta alta taxa respiratória e intensa produção de etileno após a colheita, o que acelera os processos de amadurecimento e senescência (Chitarra, M. e Chitarra, A., 2005). Essas características tornam o fruto altamente perecível, com vida útil reduzida e elevada susceptibilidade a danos físicos e fisiológicos, levando a perdas expressivas durante o transporte e armazenamento (Santos et al., 2019). Assim, o desenvolvimento e a aplicação de técnicas de conservação adequadas são fundamentais para prolongar sua vida de prateleira e garantir a manutenção da qualidade sensorial e nutricional (Pereira *et al*., 2020).

Diversas estratégias vêm sendo estudadas para reduzir as perdas pós-colheita, como o uso de refrigeração, atmosferas modificadas e barreiras físicas, que limitam a troca gasosa e reduzem a perda de umidade (Silva e Almeida, 2022). Lannes *et al.* (2021) destacam que o controle da temperatura e a utilização de envoltórios como papel-filme, alumínio e plásticos biodegradáveis são práticas simples e eficazes para retardar a atividade enzimática responsável pelo escurecimento e pela degradação de compostos fenólicos. No entanto, temperaturas muito baixas, inferiores a 13 °C, podem provocar danos por frio, como manchas na casca e alterações no sabor (Santos *et al.,* 2019).

Além dos aspectos técnicos, a adoção de métodos simples e acessíveis de armazenamento é de grande relevância para a agricultura familiar, responsável por mais de 70 % da produção de alimentos consumidos no país (Brasil, 2021). A implementação de tecnologias de baixo custo contribui não apenas para a redução de perdas econômicas, mas também para a sustentabilidade ambiental e o aproveitamento integral da produção rural (Souza *et al*., 2020).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes métodos de armazenamento na conservação pós-colheita da banana-prata, considerando combinações entre temperatura (ambiente e 4 °C) e tipos de embalagem (sem vedação, papel-filme, papel-alumínio, plástico comum e papel kraft), analisando parâmetros físicos, químicos e sensoriais ao longo de cinco dias de observação.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido entre os dias 13 e 24 de outubro de 2025, na chácara da Família Bender, localizada ao final da Estrada Rural Jacob Leonardo Bender, no município de Toledo – PR. As plantas de banana-prata (Musa sp., Grupo AAB, subgrupo Prata) encontravam-se próximas a uma área de reserva permanente, com plantio

de grama da Grameira Santa Helena a aproximadamente cinquenta metros de distância, sem contato direto com grandes culturas agrícolas, reduzindo o risco de deriva de defensivos químicos.

A colheita dos cachos foi realizada em 13 de outubro de 2025, sendo coletado um cacho completo. Após a colheita, o material permaneceu em observação por sete dias, acompanhando-se o processo natural de maturação. No dia 20 de outubro de 2025, quando os frutos atingiram o ponto ideal de maturação, caracterizado por coloração amarela uniforme e teor de sólidos solúveis característico da fase comercial, iniciou-se a instalação do experimento.

Foram selecionadas 48 bananas de tamanho e coloração semelhantes, totalizando quatro frutos por tratamento e doze tratamentos experimentais, definidos de acordo com o tipo de armazenamento e envoltório utilizado, presentes na Tabela 1.

Tabela 1 – Descreve tratamentos e métodos utilizados para armazenamento das bananas.

TRATAMENTO	MÉTODO DE ARMAZENAMENTO
1	Banana em temperatura ambiente (testemunha)
2	Banana na geladeira a 4 °C
3	Pedúnculo vedado com papel-filme em temperatura ambiente
4	Pedúnculo vedado com papel-filme na geladeira a 4 °C
5	Banana inteira envolta com papel-filme em temperatura ambiente
6	Banana inteira envolta com papel-filme na geladeira a 4 °C
7	Banana inteira envolta com papel alumínio em temperatura ambiente
8	Banana inteira envolta com papel alumínio na geladeira a 4 °C
9	Banana envolta com plástico comum em temperatura ambiente
10	Banana envolta com plástico comum na geladeira a 4 °C
11	Banana envolta com papel *kraft* em temperatura ambiente
12	Banana envolta com papel *kraft* na geladeira a 4 °C

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2 × 6, composto por dois níveis de temperatura de armazenamento (temperatura ambiente e geladeira a 4 °C) e seis métodos de acondicionamento dos frutos (sem embalagem, vedação do pedúnculo com papel-filme, envolvimento total com papel-filme, papel-alumínio, plástico comum e papel kraft), com quatro repetições, sendo cada repetição representada por uma banana individual.

Antes do armazenamento, foram determinadas as variáveis coloração e aspecto visual, peso, teor de sólidos solúveis (°Brix) e odor, registradas como valores iniciais. Em seguida, as bananas foram armazenadas conforme os tratamentos propostos, envolvendo variações entre temperatura ambiente e refrigeração a 4 °C, além da aplicação de diferentes tipos de envoltórios, como papelfilme, papel-alumínio, plástico comum e papel kraft. Após cinco dias de armazenamento, encerrando o experimento em 24 de outubro de 2025, realizaram-se novamente as avaliações, obtendo-se os valores finais das mesmas variáveis para comparação.

A coloração da casca foi avaliada por escala visual adaptada de Embrapa (2008), variando de 1 (verde) a 6 (casca totalmente escurecida). O aspecto visual e a uniformidade da cor seguiram os critérios sensoriais descritos por Chitarra, M. e Chitarra, A. (2005). O odor foi avaliado segundo escala adaptada de Pereira *et al*. (2020), atribuindo-se 0 para odor natural, 1 para odor doce acentuado e 2 para odor fermentativo. O peso foi determinado em balança digital de precisão (0,01 g) e o °Brix com refratômetro digital portátil, utilizando amostras da polpa em duplicata para cálculo da média.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 × 6, avaliando-se os efeitos dos fatores temperatura e método de acondicionamento, bem como a interação entre ambos. Quando detectadas diferenças significativas ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade, utilizando o software SISVAR® (Ferreira, 2019).

Resultados e Discussão

As avaliações realizadas demonstraram que os fatores temperatura de armazenamento e método de acondicionamento, bem como a interação entre eles, influenciaram diretamente a qualidade pós-colheita da banana-prata ao longo do período experimental.

Os diferentes tratamentos avaliados estão representados na Figura 1, a qual ilustra visualmente as condições de armazenamento adotadas no experimento.

Figura 1- Representando os doze tratamentos avaliados.



Fonte: as autoras, 2025.

Inicialmente, as análises de coloração e aspecto visual da casca evidenciaram efeito significativo da temperatura, sendo que frutos mantidos sob refrigeração apresentaram menor escurecimento e melhor manutenção da aparência comercial em comparação aos armazenados em temperatura ambiente, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Escore médio de coloração (1 = verde, 6 = muito escurecida) das bananas-prata após cinco dias de armazenamento.

Tratamento	Condição	Embalagem	Escore médio de cor
1	Ambiente	Sem vedação	6
2	Geladeira	Sem vedação	4
3	Ambiente	Papel-filme no pedúnculo	5
4	Geladeira	Papel-filme no pedúnculo	3–4
5	Ambiente	Papel-filme na banana inteira	4
6	Geladeira	Papel-filme na banana inteira	2–3
7	Ambiente	Alumínio na banana inteira	3
8	Geladeira	Alumínio na banana inteira	2
9	Ambiente	Plástico comum	5
10	Geladeira	Plástico comum	3–4
11	Ambiente	Papel *kraft*	4
12	Geladeira	Papel *kraft*	3

Além disso, verificou-se interação entre temperatura e método de acondicionamento, indicando que o efeito das

embalagens depende das condições de armazenamento.

Em temperatura ambiente, os frutos apresentaram amadurecimento acelerado independentemente do tipo de embalagem. Por outro lado, sob refrigeração, embalagens como papel-filme e papel-alumínio contribuíram significativamente para a manutenção da coloração e da firmeza dos frutos.

Esses resultados confirmam que a redução da temperatura diminui a atividade enzimática e a oxidação de compostos fenólicos, sendo esse efeito potencializado pela presença de barreiras físicas que limitam as trocas gasosas. Para a variável odor, observou-se comportamento semelhante, com influência significativa da temperatura e do método de acondicionamento, conforme demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Escore médio de odor (0 = natural, 1 = doce, 2 = fermentativo) das bananas-prata após cinco dias de armazenamento.

Tratamento	Condição	Embalagem	Escore médio de odor
1	Ambiente	Sem vedação	2
2	Geladeira	Sem vedação	2-1
3	Ambiente	Papel-filme no pedúnculo	1-2
4	Geladeira	Papel-filme no pedúnculo	0
5	Ambiente	Papel-filme na banana inteira	1
6	Geladeira	Papel-filme na banana inteira	0
7	Ambiente	Alumínio na banana inteira	0-1
8	Geladeira	Alumínio na banana inteira	0
9	Ambiente	Plástico comum	1-2
10	Geladeira	Plástico comum	0-1
11	Ambiente	Papel *kraft*	1
12	Geladeira	Papel *kraft*	0

Frutos armazenados em temperatura ambiente apresentaram maior intensidade de odores adocicados e, em alguns casos, fermentativos, enquanto aqueles mantidos sob refrigeração conservaram o aroma natural característico. A interação entre os fatores foi evidente, uma vez que o efeito das embalagens foi potencializado sob refrigeração.

Em relação à perda de massa fresca, verificou-se que essa variável foi significativamente influenciada tanto pela temperatura quanto pelo método de acondicionamento, além da interação entre esses fatores, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Peso inicial, peso final e perda de massa fresca (%) das bananas-prata após cinco dias de armazenamento.

Tratamento	Perda de massa (%) ± DP	Grupo Tukey (5 %)
1	33,3 ± 1,2	a
2	27,5 ± 1,0	b
3	26,9 ± 1,1	b
4	21,1 ± 0,8	c
5	8,0 ± 0,5	d
6	10,0 ± 0,6	d
7	6,1 ± 0,4	d
8	6,1 ± 0,3	d
9	20,8 ± 0,9	c
10	20,8 ± 0,7	c
11	16,0 ± 0,8	c
12	22,0 ± 0,9	c

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p > 0,05). ANOVA: F (11, 36) = 93,07; p < 0,0001; CV = 6,2 %.

A análise de variância (p < 0,0001) e o teste de Tukey (5%) confirmaram que o uso de embalagens vedadas, especialmente papel-filme e alumínio, foi estatisticamente superior em relação à conservação da massa fresca. Esse resultado está associado à redução da transpiração e à menor atividade respiratória causada pela barreira física à perda de vapor d'água (Chitarra, M. e Chitarra, A., 2005).

Os frutos mantidos em temperatura ambiente apresentaram maiores perdas de massa, especialmente na ausência de embalagem, devido à maior taxa de transpiração. Em contrapartida, a combinação entre refrigeração e embalagens vedadas resultou nas menores perdas, evidenciando efeito sinérgico entre os fatores.

Por fim, para o teor de sólidos solúveis (°Brix), observou-se aumento mais acentuado nos frutos armazenados em temperatura ambiente, indicando avanço no processo de amadurecimento, conforme demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Teor médio de sólidos solúveis (°Brix) das bananas-prata após cinco dias de armazenamento.

Tratamento	ΔBrix	Grupo Tukey (5 %)
1	+3,3	a
2	+0,4	c
3	+2,2	b
4	+0,9	c
5	+1,8	b
6	+0,6	c
7	+0,8	c
8	+0,4	c
9	+2,3	b
10	+0,8	c
11	+1,9	b
12	-0,7	c

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p > 0,05). ANOVA: F (11,36) = 21,54; p < 0,05; CV = 4,8 %.

Já os frutos armazenados sob refrigeração apresentaram menores variações nos valores de °Brix, principalmente quando associados ao uso de embalagens, indicando retardamento da conversão de amido em açúcares. A interação entre temperatura e método de acondicionamento reforça que o controle simultâneo desses fatores é determinante para a manutenção do estádio de maturação.

Esses resultados corroboram os achados de Santos *et al.* (2019) e Silva e Almeida (2022), que destacam a refrigeração associada a barreiras físicas como estratégia eficiente para prolongar a vida útil e preservar o sabor característico da banana-prata, reduzindo o metabolismo e a degradação de açúcares solúveis.

Conclusão

Diante desses resultados, conclui-se que a conservação pós-colheita da banana-prata é significativamente influenciada pela interação entre temperatura e método de acondicionamento, sendo a combinação entre refrigeração a 4 °C e o uso de embalagens com barreira física, como papel-alumínio e papel-filme, a estratégia mais eficiente para manutenção da qualidade dos frutos.

Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Agricultura Familiar no Brasil**. Brasília, DF: MAPA, 2021. Disponível em:https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/agricultura-familiar. Acesso em: 24 out. 2025.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio.** 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128933/1/POS-COLHEITA-CHITARRA.pdf. Acesso em: 24 out. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Cultivares de banana do grupo Prata**. Brasília, DF: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2023. Disponível em: https://www.embrapa.br/mandioca-efruticultura. Acesso em: 24 out. 2025.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. Disponível em: https://biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450. Acesso em: 24 out. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção agrícola municipal**: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas. Acesso em: 24 out. 2025.

LANNES, S. D.; BARBOSA, J. A.; CARVALHO, C. A. Tecnologias de conservação e pós-colheita de frutas tropicais. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 27, n. 2, p. 45-53, 2021. Disponível em: https://revistas.ufpel.edu.br/index.php/agrociencia/article/view/120. Acesso em: 24 out. 2025.

PEREIRA, J. R.; *et al.* Efeito de embalagens e temperatura no armazenamento pós-colheita de bananas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 42, n. 3, p. 1-10, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/0100-29452020733. Acesso em: 24 out. 2025.

SANTOS, A. C.; *et al.* Armazenamento refrigerado e danos por frio em bananas do grupo Prata. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v. 23, n. 8, p. 643-649, 2019. DOI: https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n8p643649. Acesso em: 24 out. 2025.

SILVA, D. M.; ALMEIDA, F. P. Técnicas alternativas de conservação pós-colheita de frutas tropicais. **Scientia Agraria,** v. 23, n. 4, p. 85-92, 2022. DOI: https://doi.org/10.5380/rsa.v23i4.88420. Acesso em: 24 out. 2025.

SOUZA, F. J.; *et al*. Efeito de diferentes embalagens na conservação de bananas durante o armazenamento. **Horticultura Brasileira**, v. 38, n. 1, p. 102-110, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/S0102-053620200114. Acesso em: 24 out. 2025.

PRODUÇÃO E RESISTÊNCIA A LEPIDÓPTEROS DE GENÓTIPOS DE MILHO EM RELAÇÃO ÀS SUAS BIOTECNOLOGIAS

Felipe Andrey Veronese Faccio (Agronomia/ Pontifícia Universidade Católica do Paraná – Campus Toledo, PUCPR, felipefaccio96584@gmail.com), Guilherme Lopes Marques (Agronomia/ Pontifícia Universidade Católica do Paraná – Campus Toledo, PUCPR, guilherme.lopes.marques1712@gmail.com), Martios Ecco (Agronomia/ Pontifícia Universidade Católica do Paraná – Campus Toledo, PUCPR, ecco.martios@pucpr.br)

Área Temática: Produção Vegetal

Resumo: O milho (*Zea mays L.*) é uma das culturas agrícolas mais relevantes globalmente, exigindo o desenvolvimento de híbridos com maior produtividade e resistência às pragas. Este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho agronômico e o controle de *Spodoptera frugiperda* e *Helicoverpa zea* em diferentes genótipos de milho com biotecnologia provinda de *Bacillus thuringiensis*. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da PUCPR, em Toledo–PR, em delineamento de blocos ao acaso com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas. A produtividade foi estimada no estádio R3 por meio da metodologia Corn Yield Calculator, enquanto o controle de pragas foi avaliado utilizando as escalas de Widstrom (1967) para *H. zea* e Davis et al. (1989) para *S. frugiperda*. Os híbridos Vip3 e PWU apresentaram os melhores resultados produtivos, com destaque para o Vip3, possivelmente devido à menor carga transgênica, favorecendo a expressão de características agronômicas. Apesar de maior incidência de *S. frugiperda* nesse híbrido, o controle foi eficaz, evidenciando a eficiência da proteína Vip3A. O PWU A, com múltiplos eventos Bt, demonstrou bom equilíbrio entre proteção contra pragas e rendimento. Os resultados reforçam a importância de considerar tanto a eficácia no manejo de pragas quanto o impacto dos eventos transgênicos sobre a produtividade na escolha de híbridos para sistemas agrícolas sustentáveis.

Palavras-chave: agricultura; híbridos; transgênicos; proteção.

Introdução

O milho (*Zea mays L.)* se destaca sendo uma das culturas mais cultivadas em escala mundial, com presença significativa tanto em nações desenvolvidas quanto em desenvolvimento. Abrangendo especificamente, uma área de semeadura de 197 milhões de hectares, dos quais 32% estão localizados em países com renda baixa e média-baixa (Erenstein; Chamberlin; Sonder, 2021).

Como discorre Souza e Barbosa (2015), a presença de pragas na cultura do milho provoca prejuízos consideráveis e gera elevados custos com o manejo e controle delas. Sendo um fator crucial na redução do rendimento e da produção de grãos de milho. Esses insetos causam perdas desde a fase inicial da cultura, podendo diminuir drasticamente o número de plantas, reduzir a densidade de sementes logo após a semeadura e causar danos durante todo o período vegetativo e reprodutivo (Valicente, 2015).

A crescente demanda por cultivo trouxe a necessidade por cultivares com características aprimoradas, tanto em termos de produção quanto de qualidade, impulsionando os melhoristas a expandir a diversidade genética. O objetivo é desenvolver cultivares que demonstrem adaptabilidade e estabilidade em diferentes ambientes de cultivo, embora cruzamentos entre linhagens e híbridos frequentemente exibam sensibilidade às variações ambientais (Nievola *et al*., 2017).

Desta forma, de acordo com Nannas (2015), a adaptabilidade genética, os sistemas de reprodução flexíveis, a polinização facilitada e a geração de progênies diversas contribuíram para que este cereal se tornasse um modelo de referência para espécies que se reproduzem por cruzamento. A tecnologia de transgenia permitiu a criação do milho Bt, uma cultura que contém genes da bactéria *Bacillus thuringiensis*, que produz diversas proteínas com propriedades inseticidas. Essas proteínas, que formam cristais, são responsáveis pela ação tóxica da bactéria, pois danificam as células do sistema digestivo dos insetos (Gallo *et al.*, 2002).

O objetivo desse trabalho consiste em avaliar os genótipos de milho em relação à produtividade e ataque de pragas na cultura, principalmente no que diz respeito às lagartas do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e lagarta da espiga (*Helicoverpa zea*), contribuindo assim com informações e resultados sobre as biotecnologias resistentes a essas pragas.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da PUCPR Campus Toledo, situado na Rodovia Municipal OT, 006 – Km 1,6 – Jardim Coopagro, Toledo – PR, 85900-000, que de acordo com Bhering *et al.* (2007), está presente o LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico, de textura argilosa e relevo suave ondulado, nas coordenadas geográficas: 24°23’13,3” S 53°47’10,2” W e altitude de 560 metros. O ensaio foi delineado a partir de blocos ao acaso, contendo seis tratamentos e quatro blocos, sendo que em cada bloco há uma repetição de cada tratamento, resultando

em 24 parcelas, cada uma tendo 5 metros de comprimento por 6 linhas, espaçadas em 0,5 metros entre elas, de largura. Em torno do experimento foi semeada a bordadura com um híbrido convencional, contendo 4 linhas em cada lado e mais 5 metros de comprimento na parte da frente e atrás do experimento, totalizando uma área de 45 metros de comprimento por 16 metros de largura. Anteriormente à implantação do experimento, as linhas de semeadura já haviam sido marcadas com uma semeadora de precisão, já realizando a adubação de base com o formulado 10-15-15 na dose de 300 kg ha^{-1}.

Em relação aos tratamentos, avaliou-se o desempenho (resistência x produtividade) dos seguintes genótipos de híbridos simples de milho: convencional (sem biotecnologia Bt), PowerCore Ultra A e B (Cry1F; Cry1A.105; Cry2Ab2; Vip3Aa20), VT PRO3 (Cry1A.105; Cry2Ab2; Cry3Bb1), VT PRO4 (Cry1A.105; Cry2Ab2; Vip3Aa20; Cry3Bb1; RNAi) e VIP3 (Cry1Ab e Vip3Aa20). Esses que apresentam diferentes biotecnologias para resistência de pragas, principalmente de lepidópteros, cujo foi avaliado a eficácia de controle das principais espécies para a cultura do milho, sendo a *Spodoptera frugiperda* e *Helicoverpa zea*, levando em consideração a interferência desse controle na produtividade final de cada híbrido. O motivo pelo qual foi avaliado dois materiais com a biotecnologia PowerCore Ultra, é avaliar qual teria uma maior produtividade final, visto que o material PWU A é um híbrido com finalidade para grãos e silagem, enquanto o material PWU B é um híbrido ficado apenas em produção de grãos.

Todo o experimento foi implantado no dia 01 de março de 2025, utilizando para a semeadura o marcapasso depositando a semente a 4,5 centímetros de profundidade com uma densidade de aproximadamente de 3,3 sementes por metro. Após a semeadura foi montado um sistema de irrigação por microaspersão, sendo ativado ao menos três vezes na semana, durante a fase vegetativa, conforme o regime pluviométrico durante o período do experimento.

Quanto a metodologia usada para as avaliações. Para a lagarta-do-cartucho, foi adotada a escala de Davis, que consiste em dar uma nota visual ao dano encontrado no cartucho causado pela lagarta, usou-se como base, 10 plantas da terceira linha da parcela, além de contar quantas lagartas haviam por planta. A escala de notas de danos proposta por Davis, Williams e Wiseman (1989) tem como parâmetro associar uma nota de dano no cartucho do milho que varia de 0 até 9, para isso cada nota está relacionada com uma intensidade do dano causado pela *S. frugiperda*, principalmente em relação ao tamanho do dano (Tabela 1).

Tabela 1 - Escala de danos visuais causados no cartucho do milho por *S. frugiperda* de acordo com Davis, Williams e Wiseman, (1989).

Nota	Critério de avaliação
0	Sem dano
1	> 1 pontuação
2	1 a 3 lesões circulares de até 1,5 cm
3	1 a 3 lesões alongadas de até 1,5 cm
4	1 a 3 lesões alongadas de 1,5 a 3 cm
5	1 a 5 furos de até 1,5 cm
6	1 a 3 furos > 1,5 cm em 2 ou mais folhas
7	3 a 5 furos > 1,5 cm em 2 ou mais folhas
8	> 5 furos > 3 cm em muitas folhas
9	Folhas quase destruídas

Fonte: adaptado de Davis; Williams; Wiseman, 1989.

Em relação a avaliação de controle de *H. zea*, também se utilizou de uma escala de avaliação de danos, proposta por Widstrom (1967), que consiste em dar uma nota de 0 a 3 + n, onde 0 é a espiga integra, 1 seria dano apenas nos estilo estigmas, 2 seria dano de até 1 cm^2 e 3, dano maior que 1 cm^2 , onde a cada centímetro quadrado a mais do que 1, é acrescido uma pontuação na nota de dano, ou seja, se houver uma penetração de 2 cm^2 , seria atribuída nota igual a 4, como é mostrado na Tabela 2 (Nagai; Rossetto; Gomes, 1986).

Tabela 2 - Escala de danos na espiga causado por *H. zea*, de acordo com Widstrom (1967).

Nota	Critério de avaliação
0	Sem dano
1	Dano apenas nos estiloestigmas
2	Penetração ≤ 1 cm^2 abaixo da ponta da espiga
3	Penetração > 1 cm^2 na espiga

Fonte: adaptado de Nagai; Rosseto; Gomes, 1986.

Com a cultura em estádio R3 foi avaliado a produtividade em kg ha^{-1} utilizando a metodologia de Corn Yield Calculator, por ser um método que não necessita de saber a umidade atual dos grãos, que consiste basicamente em se obter o número de espigas viáveis em 4 metros quadrados, utilizar uma amostra dessas espigas para se obter o número médio de fileiras por espiga e o número médio de grãos por fileira, para se ter uma estimativa de produtividade quando esses grãos chegarem a umidade de 15,5%, (Hauagge; Madalóz, 2017). Sendo esse cálculo expressado pela seguinte fórmula:

$$espigas\ (4m^2) * \bar{x}\ fileiras * \bar{x}\ grãos/fileira * 0{,}7$$

Aos 16 dias após a semeadura (DAS) foi realizada uma aplicação de herbicida, com intuito de controlar principalmente *Bidens pilosa* e *Amaranthus hybridus*, espécies essas que já estavam instaladas na área antes da semeadura do ensaio, com aplicação do herbicida ATRAZINA na dosagem 3,3 L ha^{-1} e GLIFOSATO na dosagem 3,5 L ha^{-1} ambos com volume de calda de 200 L ha^{-1}. A segunda aplicação realizada foi de inseticida para controle de pulgão alado, praga que estava ocorrendo com demasiada pressão na cultura, logo aos 20 DAS, o ingrediente ativo usado foi ETIPROLE, já que este, segundo a bula, não tem recomendação contra lepidópteros, na dose de 1 L ha^{-1}.

Outro manejo realizado antes da primeira avaliação foi uma adubação nitrogenada de cobertura utilizando ureia, aos 25 DAS com as plantas em V6, pois é o estádio fenológico onde ocorre a melhor eficiência na absorção da adubação nitrogenada de cobertura (Coelho, 2006). Aos 27 DAS, foi realizada a primeira avaliação de danos da lagarta-do-cartucho. Nessa primeira avaliação houve pouca incidência de danos e insetos na planta.

Aos 34 DAS, foi realizada a segunda avaliação de danos da lagarta-do-cartucho, com a cultura se encontrando em sua maioria, no estádio de V8. Nessa avaliação houve maior incidência de danos e insetos na planta em relação a primeira observação. Aos 103 DAS, foi realizada a terceira e última avaliação, sendo referente aos danos causados pela lagarta-da-espiga, com a cultura se encontrando em sua maioria, no estádio de R3. Nessa avaliação houve boa incidência de pragas e danos nas parcelas avaliadas.

Finalizando, aos 105 DAS, realizou-se a avaliação de produtividade, onde contou-se o número de plantas em 8 metros e multiplicou-se por 2 para descobrir o número de espigas em 4 metros quadrados, visto que todos os híbridos utilizados são prolíficos, tendo 2 espigas por planta, após isso, se escolheu aleatoriamente 4 espigas por parcela para se fazer a amostragem de fileiras e grãos por fileiras. Com os dados coletados utilizou-se da fórmula do Corn Yield Calculator para se obter a estimativa de produtividade de cada parcela. Com os dados coletados, utilizou-se do programa MS Excel para organizá-los em uma tabela, referente às notas das avaliações para cada parcela, e para calcular os dados estatísticos foi utilizado do site GExpDes 2.0, onde foram gerados relatórios com tabelas de médias, com base no teste de Tukey a 5% de probabilidade, para cada avaliação e comparando as produtividades finais de cada tratamento.

Resultados e Discussão

Os materiais VIP3 e PowerCore Ultra A apresentaram os melhores índices de produtividade entre os materiais avaliados.

Quanto aos níveis de controle, em relação às avaliações de *S. frugiperda* não houve diferenças significativas entre os tratamentos, porém houve sim discrepâncias em relação ao nível de infestação entre os genótipos avaliados. Onde surpreendentemente, o VIP3 apresentou maior incidência da praga, porém obteve um ótimo controle dela (Tabela 3).

Tabela 3 - Médias de produtividade e incidência de *S. frugiperda* de cada tratamento. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tratamento	Produtividade (kg ha^{-1})	Incidência de *S. frugiperda* (%)
VIP3	17948,04 a	44
PWU A	17370,58 a	9
VT PRO3	16604,71 ab	19
Convencional	15390,87 ab	26
PWU B	14430,70 ab	14
VT PRO4	11663,60 b	18

Uma possível explicação para essa diferença está na quantidade de eventos biotecnológicos incorporados à genética da planta. O material VIP3 conta com menos proteínas inseticidas, o que pode proporcionar menor espectro de proteção contra pragas, no entanto, essa situação pode ter afetado positivamente a expressão de características agronômicas, como o rendimento. Quanto aos materiais com biotecnologia PWU, onde o híbrido A (focado em grãos e silagem) obteve uma produtividade cerca de 20% maior sobre o híbrido B (focado apenas em grãos), além de que neste houve uma incidência de *S. frugiperda* 35% maior em relação ao híbrido A, uma possível explicação a este comportamento é devido a maior rusticidade do híbrido A, visto que o experimento não contou com uma adubação completamente direcionada para alta produtividade, sendo assim o material B por ser focado somente em produção de grãos deve ter uma resposta de manejo responsiva, enquanto o material A

conseguiu produzir com boa estabilidade dentro das condições edafoclimáticas em que estava inserido.

Em comparação a esse experimento, Simionato *et al.* (2020) em seus estudos de monitoramento demonstraram que a tecnologia Viptera 3 apresentou a menor incidência de *S. frugiperda* entre os híbridos avaliados, indicando a eficácia da proteína Vip3A frente a populações ainda suscetíveis. Além disso, sob condições de infestação natural, observou-se que essa tecnologia também proporcionou maior controle sobre *H. zea,* quando comparada a outras tecnologias Bt, evidenciando seu amplo

espectro de ação inseticida. Scoton e Silva (2019) colaborando com a pesquisa em ensaios de campo demonstraram que os híbridos de milho contendo as tecnologias Viptera 3® e Leptra® apresentaram os menores índices médios de infestação por *S. frugiperda*, bem como os menores níveis de dano foliar. Esses resultados evidenciam a elevada eficácia inseticida dessas tecnologias Bt, que expressam proteínas como Vip3A e Cry1Ab, capazes de atuar de forma eficiente no controle dessa praga-chave da cultura do milho. Paiva (2015) ao avaliar diferentes tecnologias Bt aplicadas ao milho, constatou que o evento Vip3 foi o mais eficiente no controle de *S. frugiperda*, resultando em menores níveis de infestação e danos foliares. Além disso, esse híbrido apresentou desempenho agronômico superior, refletido em maior produtividade quando comparado tanto ao milho convencional quanto a outros eventos Bt. Os dados obtidos indicaram uma média populacional reduzida de lagartas (N = 0,13) e menor severidade de injúrias nas folhas, reforçando a eficácia da tecnologia Vip3 no manejo integrado de pragas.

Sendo assim, este experimento dá indícios de que já existem indivíduos de *S. frugiperda* criando resistência à proteína Vip3Aa20, visto que a maior incidência dessa praga foi com essa biotecnologia.

Em relação aos níveis de controle de *H. zea*, houve diferenças significativas entre os tratamentos, havendo também discrepâncias em relação ao nível de infestação entre os tratamentos (Tabela 4). Onde, os materiais PRO3 e PRO4 apresentaram maiores incidências da praga e o PWU A obteve o melhor controle.

Tabela 4 - Médias de incidência e notas de danos de *H. zea* em cada tratamento. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tratamento	Incidência de *H. zea* (%)	Nota de dano
PWU A	8	1,5 b
VIP3	10	3,75 a
Convencional	30	5,25 ab
VT PRO3	55	6,25 ab
PWU B	38	6,75 ab
VT PRO4	55	8,75 ab

Reiterando o presente estudo, em experimentos conduzidos com milho geneticamente modificado, observou-se que larvas de *H. zea* alimentadas com espiguetas de híbridos expressando a proteína Cry1Ab apresentaram um período letal mais prolongado em comparação às larvas de *H. armigera* (Santos *et al.,* 2016).

Conclusão

Os dados obtidos neste estudo indicam que os materiais com biotecnologia VIP3 e PowerCore Ultra (focado em grãos e silagem) demonstraram elevado potencial produtivo, sendo o híbrido com VIP3 levemente superior em rendimento. Essa diferença pode estar relacionada ao menor número de eventos transgênicos incorporados, o que possivelmente favoreceu a expressão de características agronômicas, como a produtividade. Embora esse mesmo híbrido tenha apresentado maior incidência de *Spodoptera frugiperda*, os níveis de controle foram satisfatórios, evidenciando a eficiência do evento Vip3A mesmo sob maior pressão de infestação. A biotecnologia PWU, por sua vez, apresentou bom equilíbrio entre proteção biotecnológica e desempenho agronômico, reforçando a importância de considerar tanto a resistência a pragas quanto o impacto dos eventos transgênicos sobre a produtividade na escolha do híbrido mais adequado para o sistema de cultivo.

Referências

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. dos.; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P. de; POTTER, R. O.; CURCIO, G. R. **Mapa de solos do estado do Paraná.** 96. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007.

BREVANT SEMENTES. **Milho B2620PWU**. Disponível em: https://www.brevant.com.br/produtos/milho/b2620pwu.html. Acesso em: 20 jun, 2025.

COELHO, Antônio Marcos. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (Circular Técnica, 78).

DAVIS, F. M.; Ng, S. S.; WILLIAMS, W. P. Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm. **English, Miscellaneous Technical Bulletin - Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station**, n. 186, p.1-9, 1992.

ERENSTEIN, O.; CHAMBERLIN, J.; SONDER, K. Estimating the global number and distribution of maize and wheat farms. **Global Food Security**, Amsterdam, v. 30, p. 100558, 2021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211912421000675. Acesso em: 22 mar. 2025.

GALLO, D; NAKANO, O; NETO, S. S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; FILHO, E.B.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVER, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. v.10.

HAUAGGE, T.; MADALÓZ, J. C. Como estimar a produtividade na cultura do milho? **Pioneer Blog,** 7 jul. 2017. Disponível em: https://www.pioneer.com/br/blog/artigos/estimarprodutividade-milho.html. Acesso em: 21 jun. 2025.

NAGAI, V.; ROSSETTO, C. J.; GOMES, F. P. Técnica de amostragem para comparar o dano causado pela lagarta-da-espiga Heliothis zea (Boddie), em cultivares de milho**. Bragantia**, Campinas, v.45, n.1, p.57-73, 1986.

NANNAS, N. J.; DAWE, R. K. Genetic and genomic toolbox of Zea mays. **Genetics**, v. 199, n. 3, p. 655-669, 2015.

NIDERA SEMENTES. **NS 71 VIP3**. Disponível em: https://www.niderasementes.com.br/portfolio/ns-71-vip3/. Acesso em: 20 jun. 2025.

NIEVOLA, C. C.; *et al.* Rapid responses of plants to temperature changes. **Temperature**, v. 4, n. 4, p. 371-405, 2017.

PAIVA, L.A. **Resistência de genótipos de milho a lagarta do cartucho Spodoptera frugiperda (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE).** 2015. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS, Ipameri, Go. 2015. 80p. Disponível em: http://www.bdtd.ueg.br/bitstream/tede/433/2/Dissert._Lgia1.pdf.

SANTOS, C. A. Dos; *et al*. Desenvolvimento de Helicoverpa spp. em milho Bt com expressão de diferentes proteínas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 5, p. 386–393, 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pab/a/wQz6vcTT63ckLNZrBcCvdyD/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 21 jun. 2025.

SCOTON, A. M. N.; SILVA, M. B. da. **Controle de Spodoptera frugiperda e desempenho produtivo de genótipos de milho Bt**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados. Disponível em: https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/1775. Acesso em: 21 jun. 2025.

SIMIONATO, R. S.; *et al.* Controle de Spodoptera frugiperda e Helicoverpa zea a partir de diferentes tecnologias de milho Bts. **Revista Cultivando o Saber,** v. 13, n. 2, 2020. Disponível em: cultivandosaber.fag.edu.br. Acesso em: 20 jun. 2025.

SOUZA, G.; BARBOSA, A. Fatores de estresse no milho são diversos e exigem monitoramento constante. **Revista Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 13 n. 13, p. 30-34, 2015.

VALICENTE, F. H. **Manejo Integrado de Pragas na Cultura do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa, 2015.

PRODUÇÃO E RESISTÊNCIA A LEPIDÓPTEROS DE GENÓTIPOS DE MILHO EM RELAÇÃO ÀS SUAS BIOTECNOLOGIAS

Felipe Andrey Veronese Faccio (Agronomia/ Pontifícia Universidade Católica do Paraná – Campus Toledo, PUCPR, felipefaccio96584@gmail.com), Guilherme Lopes Marques (Agronomia/ Pontifícia Universidade Católica do Paraná – Campus Toledo, PUCPR, guilherme.lopes.marques1712@gmail.com), Martios Ecco (Agronomia/ Pontifícia Universidade Católica do Paraná – Campus Toledo, PUCPR, ecco.martios@pucpr.br)

Área Temática: Produção Vegetal

Resumo: O milho (*Zea mays L.*) é uma das culturas agrícolas mais relevantes globalmente, exigindo o desenvolvimento de híbridos com maior produtividade e resistência às pragas. Este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho agronômico e o controle de *Spodoptera frugiperda* e *Helicoverpa zea* em diferentes genótipos de milho com biotecnologia provinda de *Bacillus thuringiensis*. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da PUCPR, em Toledo–PR, em delineamento de blocos ao acaso com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas. A produtividade foi estimada no estádio R3 por meio da metodologia Corn Yield Calculator, enquanto o controle de pragas foi avaliado utilizando as escalas de Widstrom (1967) para *H. zea* e Davis et al. (1989) para *S. frugiperda*. Os híbridos Vip3 e PWU apresentaram os melhores resultados produtivos, com destaque para o Vip3, possivelmente devido à menor carga transgênica, favorecendo a expressão de características agronômicas. Apesar de maior incidência de *S. frugiperda* nesse híbrido, o controle foi eficaz, evidenciando a eficiência da proteína Vip3A. O PWU A, com múltiplos eventos Bt, demonstrou bom equilíbrio entre proteção contra pragas e rendimento. Os resultados reforçam a importância de considerar tanto a eficácia no manejo de pragas quanto o impacto dos eventos transgênicos sobre a produtividade na escolha de híbridos para sistemas agrícolas sustentáveis.

Palavras-chave: agricultura; híbridos; transgênicos; proteção.

Introdução

O milho (*Zea mays L.)* se destaca sendo uma das culturas mais cultivadas em escala mundial, com presença significativa tanto em nações desenvolvidas quanto em desenvolvimento. Abrangendo especificamente, uma área de semeadura de 197 milhões de hectares, dos quais 32% estão localizados em países com renda baixa e média-baixa (Erenstein; Chamberlin; Sonder, 2021).

Como discorre Souza e Barbosa (2015), a presença de pragas na cultura do milho provoca prejuízos consideráveis e gera elevados custos com o manejo e controle delas. Sendo um fator crucial na redução do rendimento e da produção de grãos de milho. Esses insetos causam perdas desde a fase inicial da cultura, podendo diminuir drasticamente o número de plantas, reduzir a densidade de sementes logo após a semeadura e causar danos durante todo o período vegetativo e reprodutivo (Valicente, 2015).

A crescente demanda por cultivo trouxe a necessidade por cultivares com características aprimoradas, tanto em termos de produção quanto de qualidade, impulsionando os melhoristas a expandir a diversidade genética. O objetivo é desenvolver cultivares que demonstrem adaptabilidade e estabilidade em diferentes ambientes de cultivo, embora cruzamentos entre linhagens e híbridos frequentemente exibam sensibilidade às variações ambientais (Nievola *et al*., 2017).

Desta forma, de acordo com Nannas (2015), a adaptabilidade genética, os sistemas de reprodução flexíveis, a polinização facilitada e a geração de progênies diversas contribuíram para que este cereal se tornasse um modelo de referência para espécies que se reproduzem por cruzamento. A tecnologia de transgenia permitiu a criação do milho Bt, uma cultura que contém genes da bactéria *Bacillus thuringiensis*, que produz diversas proteínas com propriedades inseticidas. Essas proteínas, que formam cristais, são responsáveis pela ação tóxica da bactéria, pois danificam as células do sistema digestivo dos insetos (Gallo *et al*, 2002).

O objetivo desse trabalho consiste em avaliar os genótipos de milho em relação à produtividade e ataque de pragas na cultura, principalmente no que diz respeito às lagartas do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e lagarta da espiga (*Helicoverpa zea*), contribuindo assim com informações e resultados sobre as biotecnologias resistentes a essas pragas.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da PUCPR Campus Toledo, situado na Rodovia Municipal OT, 006 – Km 1,6 – Jardim Coopagro, Toledo – PR, 85900-000, que de acordo com Bhering *et al.* (2007), está presente o LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico, de textura argilosa e relevo suave ondulado, nas coordenadas geográficas: 24°23’13,3” S 53°47’10,2” W e altitude de 560 metros. O ensaio foi delineado a partir de blocos ao acaso, contendo seis tratamentos e quatro blocos, sendo que em cada bloco há uma repetição de cada tratamento, resultando

em 24 parcelas, cada uma tendo 5 metros de comprimento por 6 linhas, espaçadas em 0,5 metros entre elas, de largura. Em torno do experimento foi semeada a bordadura com um híbrido convencional, contendo 4 linhas em cada lado e mais 5 metros de comprimento na parte da frente e atrás do experimento, totalizando uma área de 45 metros de comprimento por 16 metros de largura. Anteriormente à implantação do experimento, as linhas de semeadura já haviam sido marcadas com uma semeadora de precisão, já realizando a adubação de base com o formulado 10-15-15 na dose de 300 kg ha^{-1}.

Em relação aos tratamentos, avaliou-se o desempenho (resistência x produtividade) dos seguintes genótipos de híbridos simples de milho: convencional (sem biotecnologia Bt), PowerCore Ultra A e B (Cry1F; Cry1A.105; Cry2Ab2; Vip3Aa20), VT PRO3 (Cry1A.105; Cry2Ab2; Cry3Bb1), VT PRO4 (Cry1A.105; Cry2Ab2; Vip3Aa20; Cry3Bb1; RNAi) e VIP3 (Cry1Ab e Vip3Aa20). Esses que apresentam diferentes biotecnologias para resistência de pragas, principalmente de lepidópteros, cujo foi avaliado a eficácia de controle das principais espécies para a cultura do milho, sendo a *Spodoptera frugiperda* e *Helicoverpa zea*, levando em consideração a interferência desse controle na produtividade final de cada híbrido. O motivo pelo qual foi avaliado dois materiais com a biotecnologia PowerCore Ultra, é avaliar qual teria uma maior produtividade final, visto que o material PWU A é um híbrido com finalidade para grãos e silagem, enquanto o material PWU B é um híbrido ficado apenas em produção de grãos.

Todo o experimento foi implantado no dia 01 de março de 2025, utilizando para a semeadura o marcapasso depositando a semente a 4,5 centímetros de profundidade com uma densidade de aproximadamente de 3,3 sementes por metro. Após a semeadura foi montado um sistema de irrigação por microaspersão, sendo ativado ao menos três vezes na semana, durante a fase vegetativa, conforme o regime pluviométrico durante o período do experimento.

Quanto a metodologia usada para as avaliações. Para a lagarta-do-cartucho, foi adotada a escala de Davis, que consiste em dar uma nota visual ao dano encontrado no cartucho causado pela lagarta, usou-se como base, 10 plantas da terceira linha da parcela, além de contar quantas lagartas haviam por planta. A escala de notas de danos proposta por Davis, Williams e Wiseman (1989) tem como parâmetro associar uma nota de dano no cartucho do milho que varia de 0 até 9, para isso cada nota está relacionada com uma intensidade do dano causado pela *S. frugiperda*, principalmente em relação ao tamanho do dano (Tabela 1).

Tabela 1 - Escala de danos visuais causados no cartucho do milho por *S. frugiperda* de acordo com Davis, Williams e Wiseman, (1989).

Nota	Critério de avaliação
0	Sem dano
1	> 1 pontuação
2	1 a 3 lesões circulares de até 1,5 cm
3	1 a 3 lesões alongadas de até 1,5 cm
4	1 a 3 lesões alongadas de 1,5 a 3 cm
5	1 a 5 furos de até 1,5 cm
6	1 a 3 furos > 1,5 cm em 2 ou mais folhas
7	3 a 5 furos > 1,5 cm em 2 ou mais folhas
8	> 5 furos > 3 cm em muitas folhas
9	Folhas quase destruídas

Fonte: adaptado de Davis; Williams; Wiseman, 1989.

Em relação a avaliação de controle de *H. zea*, também se utilizou de uma escala de avaliação de danos, proposta por Widstrom (1967), que consiste em dar uma nota de 0 a 3 + n, onde 0 é a espiga integra, 1 seria dano apenas nos estilo estigmas, 2 seria dano de até 1 cm^2 e 3, dano maior que 1 cm^2 , onde a cada centímetro quadrado a mais do que 1, é acrescido uma pontuação na nota de dano, ou seja, se houver uma penetração de 2 cm^2 , seria atribuída nota igual a 4, como é mostrado na Tabela 2 (Nagai; Rossetto; Gomes, 1986).

Tabela 2 - Escala de danos na espiga causado por *H. zea*, de acordo com Widstrom (1967).

Nota	Critério de avaliação
0	Sem dano
1	Dano apenas nos estiloestigmas
2	Penetração ≤ 1 cm^2 abaixo da ponta da espiga
3	Penetração > 1 cm^2 na espiga

Fonte: adaptado de Nagai; Rosseto; Gomes, 1986.

Com a cultura em estádio R3 foi avaliado a produtividade em kg ha^{-1} utilizando a metodologia de Corn Yield Calculator, por ser um método que não necessita de saber a umidade atual dos grãos, que consiste basicamente em se obter o número de espigas viáveis em 4 metros quadrados, utilizar uma amostra dessas espigas para se obter o número médio de fileiras por espiga e o número médio de grãos por fileira, para se ter uma estimativa de produtividade quando esses grãos chegarem a umidade de 15,5%, (Hauagge; Madalóz, 2017). Sendo esse cálculo expressado pela seguinte fórmula:

$$espigas\ (4m^2) * \bar{x}\ fileiras * \bar{x}\ grãos/fileira * 0{,}7$$

Aos 16 dias após a semeadura (DAS) foi realizada uma aplicação de herbicida, com intuito de controlar principalmente *Bidens pilosa* e *Amaranthus hybridus*, espécies essas que já estavam instaladas na área antes da semeadura do ensaio, com aplicação do herbicida ATRAZINA na dosagem 3,3 L ha^{-1} e GLIFOSATO na dosagem 3,5 L ha^{-1} ambos com volume de calda de 200 L ha^{-1}. A segunda aplicação realizada foi de inseticida para controle de pulgão alado, praga que estava ocorrendo com demasiada pressão na cultura, logo aos 20 DAS, o ingrediente ativo usado foi ETIPROLE, já que este, segundo a bula, não tem recomendação contra lepidópteros, na dose de 1 L ha^{-1}.

Outro manejo realizado antes da primeira avaliação foi uma adubação nitrogenada de cobertura utilizando ureia, aos 25 DAS com as plantas em V6, pois é o estádio fenológico onde ocorre a melhor eficiência na absorção da adubação nitrogenada de cobertura (Coelho, 2006). Aos 27 DAS, foi realizada a primeira avaliação de danos da lagarta-do-cartucho. Nessa primeira avaliação houve pouca incidência de danos e insetos na planta.

Aos 34 DAS, foi realizada a segunda avaliação de danos da lagarta-do-cartucho, com a cultura se encontrando em sua maioria, no estádio de V8. Nessa avaliação houve maior incidência de danos e insetos na planta em relação a primeira observação. Aos 103 DAS, foi realizada a terceira e última avaliação, sendo referente aos danos causados pela lagarta-da-espiga, com a cultura se encontrando em sua maioria, no estádio de R3. Nessa avaliação houve boa incidência de pragas e danos nas parcelas avaliadas.

Finalizando, aos 105 DAS, realizou-se a avaliação de produtividade, onde contou-se o número de plantas em 8 metros e multiplicou-se por 2 para descobrir o número de espigas em 4 metros quadrados, visto que todos os híbridos utilizados são prolíficos, tendo 2 espigas por planta, após isso, se escolheu aleatoriamente 4 espigas por parcela para se fazer a amostragem de fileiras e grãos por fileiras. Com os dados coletados utilizou-se da fórmula do Corn Yield Calculator para se obter a estimativa de produtividade de cada parcela. Com os dados coletados, utilizou-se do programa MS Excel para organizá-los em uma tabela, referente às notas das avaliações para cada parcela, e para calcular os dados estatísticos foi utilizado do site GExpDes 2.0, onde foram gerados relatórios com tabelas de médias, com base no teste de Tukey a 5% de probabilidade, para cada avaliação e comparando as produtividades finais de cada tratamento.

Resultados e Discussão

Os materiais VIP3 e PowerCore Ultra A apresentaram os melhores indices de produtividade entre os materiais avaliados. Quanto aos níveis de controle, em relação às avaliações de S. Frugiperda não houve diferenças significativas entre os tratamentos, porém houve sim discrepâncias em relação ao nível de infestação entre os genótipos avaliados. Onde surpreendentemente, o VIP3 apresentou maior incidência da praga, porém obteve um ótimo controle dela (Tabela 3).

Tabela 3 - Médias de produtividade e incidência de *S. frugiperda* de cada tratamento. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tratamento	Produtividade (kg ha^{-1})	Incidência de *S. frugiperda* (%)
VIP3	17948,04 a	44
PWU A	17370,58 a	9
VT PRO3	16604,71 ab	19
Convencional	15390,87 ab	26
PWU B	14430,70 ab	14
VT PRO4	11663,60 b	18

Uma possível explicação para essa diferença está na quantidade de eventos biotecnológicos incorporados à genética da planta. O material VIP3 conta com menos proteínas inseticidas, o que pode proporcionar menor espectro de proteção contra pragas, no entanto, essa situação pode ter afetado positivamente a expressão de características agronômicas, como o rendimento. Quanto aos materiais com biotecnologia PWU, onde o híbrido A (focado em grãos e silagem) obteve uma produtividade cerca de 20% maior sobre o híbrido B (focado apenas em grãos), além de que neste houve uma incidência de *S. frugiperda* 35% maior em relação ao híbrido A, uma possível explicação a este comportamento é devido a maior rusticidade do híbrido A, visto que o experimento não contou com uma adubação completamente direcionada para alta produtividade, sendo assim o material B por ser focado somente em produção de grãos deve ter uma resposta de manejo responsiva, enquanto o material A

conseguiu produzir com boa estabilidade dentro das condições edafoclimáticas em que estava inserido.

Em comparação a esse experimento, Simionato *et al.* (2020) em seus estudos de monitoramento demonstraram que a tecnologia Viptera 3 apresentou a menor incidência de *S. frugiperda* entre os híbridos avaliados, indicando a eficácia da proteína Vip3A frente a populações ainda suscetíveis. Além disso, sob condições de infestação natural, observou-se que essa tecnologia também proporcionou maior controle sobre *H. zea,* quando comparada a outras tecnologias Bt, evidenciando seu amplo

espectro de ação inseticida. Scoton e Silva (2019) colaborando com a pesquisa em ensaios de campo demonstraram que os híbridos de milho contendo as tecnologias Viptera 3® e Leptra® apresentaram os menores índices médios de infestação por *S. frugiperda*, bem como os menores níveis de dano foliar. Esses resultados evidenciam a elevada eficácia inseticida dessas tecnologias Bt, que expressam proteínas como Vip3A e Cry1Ab, capazes de atuar de forma eficiente no controle dessa praga-chave da cultura do milho. Paiva (2015) ao avaliar diferentes tecnologias Bt aplicadas ao milho, constatou que o evento Vip3 foi o mais eficiente no controle de *S. frugiperda*, resultando em menores níveis de infestação e danos foliares. Além disso, esse híbrido apresentou desempenho agronômico superior, refletido em maior produtividade quando comparado tanto ao milho convencional quanto a outros eventos Bt. Os dados obtidos indicaram uma média populacional reduzida de lagartas (N = 0,13) e menor severidade de injúrias nas folhas, reforçando a eficácia da tecnologia Vip3 no manejo integrado de pragas.

Sendo assim, este experimento dá indícios de que já existem indivíduos de *S. frugiperda* criando resistência à proteína Vip3Aa20, visto que a maior incidência dessa praga foi com essa biotecnologia.

Em relação aos níveis de controle de *H. zea*, houve diferenças significativas entre os tratamentos, havendo também discrepâncias em relação ao nível de infestação entre os tratamentos (Tabela 4). Onde, os materiais PRO3 e PRO4 apresentaram maiores incidências da praga e o PWU A obteve o melhor controle.

Tabela 4. Médias de incidência e notas de danos de *H. zea* em cada tratamento. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tratamento	Incidência de *H. zea* (%)	Nota de dano
PWU A	8	1,5 b
VIP3	10	3,75 a
Convencional	30	5,25 ab
VT PRO3	55	6,25 ab
PWU B	38	6,75 ab
VT PRO4	55	8,75 ab

Reiterando o presente estudo, em experimentos conduzidos com milho geneticamente modificado, observou-se que larvas de *H. zea* alimentadas com espiguetas de híbridos expressando a proteína Cry1Ab apresentaram um período letal mais prolongado em comparação às larvas de *H. armigera* (Santos *et al.,* 2016).

Conclusão

Os dados obtidos neste estudo indicam que os materiais com biotecnologia VIP3 e PowerCore Ultra (focado em grãos e silagem) demonstraram elevado potencial produtivo, sendo o híbrido com VIP3 levemente superior em rendimento. Essa diferença pode estar relacionada ao menor número de eventos transgênicos incorporados, o que possivelmente favoreceu a expressão de características agronômicas, como a produtividade. Embora esse mesmo híbrido tenha apresentado maior incidência de *Spodoptera frugiperda*, os níveis de controle foram satisfatórios, evidenciando a eficiência do evento Vip3A mesmo sob maior pressão de infestação. A biotecnologia PWU, por sua vez, apresentou bom equilíbrio entre proteção biotecnológica e desempenho agronômico, reforçando a importância de considerar tanto a resistência a pragas quanto o impacto dos eventos transgênicos sobre a produtividade na escolha do híbrido mais adequado para o sistema de cultivo.

Referências

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. dos.; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P. de; POTTER, R. O.; CURCIO, G. R. **Mapa de solos do estado do Paraná.** 96. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007.

BREVANT SEMENTES. **Milho B2620PWU**. Disponível em: https://www.brevant.com.br/produtos/milho/b2620pwu.html. Acesso em: 20 jun, 2025.

COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (Circular Técnica, 78).

DAVIS, F. M.; Ng, S. S.; WILLIAMS, W. P. Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm. **Technical Bulletin - Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station**, v.186, p.1–9, (1992).

ERENSTEIN, O.; CHAMBERLIN, J.; SONDER, K. Estimating the global number and distribution of maize and wheat farms. **Global Food Security**, Amsterdam, v. 30, p. 100558, 2021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211912421000675. Acesso em: 22 mar. 2025.

GALLO, D; NAKANO, O; NETO, S. S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; FILHO, E.B.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVER, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. v.10.

HAUAGGE, T.; MADALÓZ, J. C. Como estimar a produtividade na cultura do milho? **Pioneer Blog**, 7 jul. 2017. Disponível em: https://www.pioneer.com/br/blog/artigos/estimarprodutividade-milho.html. Acesso em: 21 jun. 2025.

NAGAI, V.; ROSSETTO, C. J.; GOMES, F. P. Técnica de amostragem para comparar o dano causado pela lagarta-da-espiga Heliothis zea (Boddie), em cultivares de milho**. Bragantia**, Campinas, v.45, n.1, p.57-73, 1986.

NANNAS, N. J.; DAWE, R. K. Genetic and genomic toolbox of Zea mays. **Genetics**, v. 199, n. 3, p. 655-669, 2015.

NIDERA SEMENTES. **NS 71 VIP3**. Disponível em: https://www.niderasementes.com.br/portfolio/ns-71-vip3/. Acesso em: 20 jun. 2025.

NIEVOLA, C. C.; *et al*. Rapid responses of plants to temperature changes. **Temperature**, v. 4, n. 4, p. 371-405, 2017.

PAIVA, L. A. **Resistência de genótipos de milho a lagarta do cartucho Spodoptera frugiperda (*Lepidoptera: Noctuidae*).** 2015. 80f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Goiás, Ipameri, GO. 2015.Disponível em: http://www.bdtd.ueg.br/bitstream/tede/433/2/Dissert._Lgia1.pdf.

SANTOS, C. A. dos; *et al*. Desenvolvimento de Helicoverpa spp. em milho Bt com expressão de diferentes proteínas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 5, p. 386–393, 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pab/a/wQz6vcTT63ckLNZrBcCvdyD/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 21 jun. 2025.

SCOTON, A. M. N.; SILVA, M. B. **Controle de *Spodoptera frugiperda* e desempenho produtivo de genótipos de milho Bt**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados. Disponível em: https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/1775. Acesso em: 21 jun. 2025.

SIMIONATO, R. S.; *et al*. Controle de Spodoptera frugiperda e Helicoverpa zea a partir de diferentes tecnologias de milho Bts. **Revista Cultivando o Saber,** v. 13, n. 2, 2020. Disponível em: cultivandosaber.fag.edu.br. Acesso em: 20 jun. 2025.

SOUZA, G.; BARBOSA, A. Fatores de estresse no milho são diversos e exigem monitoramento constante. **Revista Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 13 n. 13, p. 30-34, 2015.

VALICENTE, F. H. **Manejo Integrado de Pragas na Cultura do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa, 2015.

USO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DA LIMA ÁCIDA TAHITI (*Citrus latifolia*)

Maria Eduarda Rodrigues (Agronomia/PUCPR, mariaeduardarodrigues19@yahoo.com) Carlos Manoel Tilschneider (Agronomia/PUCPR, carlostilschneider2@gmail.com), Emilly Luiza Da Silva (Agronomia/PUCPR, emilly.luiza@gmail.com), Idiana Marina Dalastra (Agronomia/PUCPR, idiana.dalastra@pucpr.br)

Área Temática: Horticultura

Resumo: O uso de óleos essenciais tem se destacado como alternativa natural e sustentável na conservação póscolheita de frutos cítricos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de diferentes óleos essenciais na conservação da lima ácida Tahiti. O experimento foi conduzido no Laboratório de Tecnologia e Processamento de Alimentos, pertencente à Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), campus Toledo, em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (T1 – testemunha, T2 – óleo de lemon Eucalyptus, T3 – óleo de melaleuca, T4 – óleo de cúrcuma e T5 – óleo de bergamot mint), quatro repetições e quatro frutos por unidade experimental, totalizando 80 frutos. Os óleos essenciais foram aplicados por imersão e os frutos avaliados aos 0, 5 e 10 dias de armazenamento. As variáveis analisadas foram perda de massa fresca e grau Brix (°Bx). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias, quando significativas, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade no software Sisvar. Os resultados demonstraram que o óleo essencial de bergamot mint apresentou o melhor desempenho, com menor perda de massa, seguido pelo óleo de lemon eucalyptus. Conclui-se que o uso de óleos essenciais, especialmente bergamot mint e lemon eucalyptus, é uma alternativa eficiente para prolongar a vida útil e preservar a qualidade pós-colheita da lima ácida Tahiti.

Palavras-chave: vida útil; qualidade de frutos; perdas pós-produção; compostos naturais.

Introdução

A lima ácida Tahiti (*Citrus latifolia*) é uma das principais frutas cítricas produzidas e comercializadas no Brasil (IBGE, 2023), com grande importância econômica tanto para o mercado interno quanto para a exportação. No entanto, a conservação pós-colheita é um desafio, dado que o fruto é altamente perecível e apresenta rápida deterioração durante o armazenamento e transporte, o que diminui seu tempo de prateleira e reduz o valor comercial (Silva *et al*., 2025).

Neste contexto, a conservação de frutos cítricos é feita com o uso de fungicidas e ceras artificiais. Contudo, o uso contínuo desses produtos tem gerado preocupações quanto à toxicidade residual, à resistência microbiana e às exigências ambientais e de segurança alimentar dos consumidores (Bezerra, 2019).

Diante disso, a pesquisa por alternativas naturais capazes de garantir a qualidade e prolongar a vida útil dos frutos sem causar impactos ambientais tem sido intensificada, com destaque para o emprego de óleos essenciais.

A ação desses compostos está relacionada à presença de metabólitos secundários, como terpenos, fenóis e aldeídos, que atuam na inibição do crescimento de fungos e bactérias, além de reduzirem a oxidação de compostos bioquímicos dos frutos (Embrapa, 2020).

Adicionalmente, estudos apontam que os óleos essenciais podem atuar na modulação da respiração e transpiração dos frutos, retardando o amadurecimento e a perda de massa (Jhalegar *et al*., 2014).

A partir do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência de diferentes óleos essenciais na conservação da lima ácida Tahiti (*Citrus latifolia*).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), campus Toledo, no Laboratório de Tecnologia e Processamento de Alimentos (TTPA), tendo início em 10 de outubro de 2025.

Foram utilizados frutos de lima ácida Tahiti (*Citrus latifolia*) previamente selecionados quanto ao tamanho uniforme, coloração característica da maturação e ausência de danos físicos ou defeitos aparentes. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e quatro repetições. Cada unidade experimental foi composta por quatro frutos, totalizando 80 limões no experimento.

Os tratamentos utilizados foram: T1 – testemunha; T2 - óleo de lemon eucalyptus; T3 - óleo de melaleuca; T4 - óleo de cúrcuma; e T5 - óleo de bergamot mint. A aplicação dos óleos essenciais ocorreu por meio da imersão dos frutos em soluções preparadas com 1 mL do óleo essencial, 1 gota de TWEEN 20 (agente emulsificante para facilitar a diluição) e 100 mL de água destilada. Após a imersão, os frutos foram secos à temperatura ambiente e, em seguida, armazenados sob condições controladas de temperatura e umidade. Para o armazenamento, os limões foram dispostos sobre pratos

descartáveis, devidamente identificados conforme os tratamentos.

As avaliações foram realizadas no momento da implantação do experimento (0 dias), aos 5 e 10 dias subsequentes. Os parâmetros analisados foram a perda de massa fresca (%) e o teor de sólidos solúveis (grau Brix). A perda de massa fresca foi determinada pela pesagem dos frutos em balança de precisão, expressando-se o resultado em porcentagem por meio da fórmula:

$$\text{Perda de massa (\%)} = \frac{(MF_{inicial} - MF_{final})}{MF_{final}} \times 100$$

Para a determinação do teor de sólidos solúveis (ºBx), utilizou-se um refratômetro digital da marca Reichert. Inicialmente, o equipamento foi calibrado com água destilada, seguindo as instruções do fabricante. Em seguida, para a leitura, um fruto por repetição foi selecionado ao acaso, tendo seu suco extraído, filtrado em malha fina para remoção de resíduos e, na sequência, uma alíquota do suco foi pipetada e depositada sobre o prisma do refratômetro para a leitura direta do grau Brix (ºBx).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias, quando significativas, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade no software Sivar, permitindo a comparação entre os tratamentos e a verificação de possíveis diferenças significativas.

Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta os valores médios de perda de massa fresca (%) e teor de sólidos solúveis (ºBx) da lima ácida Tahiti submetida aos diferentes tratamentos com óleos essenciais, avaliados no momento da implantação (0 dias de armazenamento).

Tabela 1 - Médias da perda de massa fresca (%) e teor de sólidos solúveis (ºBx) de frutos de lima ácida Tahiti submetidos a aplicação de diferentes óleos essenciais na conservação póscolheita aos 0 dias de armazenamento, Toledo, 2025.

Tratamento	Perda de massa fresca (%)	Teor de sólidos solúveis (ºBx)
Testemunha	0,00 a	7,25 a
Óleo de Lemon Eucalyptus	0,00 a	8,25 a
Óleo de melaleuca	0,00 a	7,50 a
Óleo de cúrcuma	0,00 a	8,00 a
Óleo de Bergamot Mint	0,00 a	7,50 a

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

No início do armazenamento (0 dias), não foram observadas diferenças significativas para perda de massa fresca e teor de sólidos solúveis (ºBx) entre os tratamentos ($p > 0,05$). A ausência de perda de massa fresca era esperada, uma vez que os frutos foram avaliados imediatamente após a colheita, período insuficiente para a manifestação dos processos fisiológicos de transpiração e respiração, responsáveis pela redução de massa em frutos.

Os valores de sólidos solúveis (ºBrix) mantiveram-se semelhantes entre os tratamentos no tempo inicial, evidenciando que os óleos essenciais não exercem efeito imediato sobre os constituintes químicos dos frutos. Esse comportamento é característico de cítricos recém-colhidos, cujas alterações físico-químicas tornam-se mais evidentes ao longo do armazenamento devido à atividade metabólica (Neves *et al.,* 2018; Salvatore *et al*., 2022).

Estudos como os de Araújo *et al*. (2017) corroboram que a manutenção de atributos como perda de massa fresca e ºBx é comum no tempo zero, o que, neste estudo, reforça a homogeneidade das condições iniciais dos frutos experimentais.

A Tabela 2 apresenta a avaliação referente aos 5 dias de armazenamento. Verifica-se que houve aumento na perda de massa fresca, com diferenças entre os tratamentos, tal como variações no teor de sólidos solúveis (ºBx).

Tabela 2 - Médias da perda de massa fresca (%) e teor de sólidos solúveis (ºBx) de frutos de lima ácida Tahiti submetidos a aplicação de diferentes óleos essenciais na conservação póscolheita aos 5 dias de armazenamento, Toledo, 2025.

Tratamento	Perda de massa fresca (%)	Teor de sólidos solúveis (ºBx)
Testemunha	2,00 a	8,25 bc
Óleo de Lemon Eucalyptus	6,50 b	6,00 a
Óleo de melaleuca	3,75 a	6,00 a
Óleo de cúrcuma	16,75 c	8,75 c
Óleo de Bergamot Mint	1,75 a	8,00 b

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

O tratamento com óleo de cúrcuma apresentou maior perda de massa, seguido do tratamento com óleo de Lemon Eucalyptus. Por outro lado, a testemunha e os óleos à base de melaleuca e bergamot mint apresentaram os menores valores, indicando maior eficiência na conservação da umidade dos frutos. A perda de massa está diretamente relacionada aos processos de transpiração e respiração, sendo um dos principais indicadores de qualidade pós-colheita (Oliveira *et al.,* 2019; Hyldgaard *et al.,* 2012).

Quanto ao teor de sólidos solúveis (ºBx), o óleo de cúrcuma e a testemunha superaram os demais tratamentos,

enquanto os óleos de lemon eucalyptus e melaleuca resultaram em menores valores. Essas variações indicam alterações iniciais no metabolismo dos frutos, possivelmente associadas à concentração de açúcares por perda hídrica ou ao consumo desses compostos durante o processo respiratório (Chitarra, 2005; Hyldgaard *et al.,* 2012).

De modo geral, os resultados demonstram que, aos 5 dias de armazenamento, foi possível constatar o efeito dos tratamentos sobre a qualidade pós-colheita dos frutos, especialmente na perda de massa, evidenciando que a aplicação dos óleos essenciais atuou como um fator determinante na mitigação da desidratação dos frutos.

Aos 10 dias de avaliação, houve diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 3). A menor perda de massa fresca foi observada nos frutos tratados com óleo essencial de lemon eucalyptus (T2), demonstrando a eficiência desse composto na redução da transpiração e da desidratação durante o armazenamento.

Tabela 3 - Médias da perda de massa fresca (%) e teor de sólidos solúveis (ºBx) de frutos de lima ácida Tahiti submetidos a aplicação de diferentes óleos essenciais na conservação póscolheita aos 10 dias de armazenamento, Toledo, 2025.

Tratamento	Perda de massa fresca (%)	Teor de sólidos solúveis (ºBx)
Testemunha	12,25 b	8,25 ab
Óleo de Lemon Eucalyptus	07,00 a	9,00 ab
Óleo de melaleuca	11,75 b	6,75 a
Óleo de cúrcuma	17,75 c	9,00 ab
Óleo de Bergamot Mint	12,50 b	9,25 b

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

Por outro lado, o óleo bergamot mint (T5) apresentou elevado teor de sólidos solúveis, sendo estatisticamente superior apenas ao tratamento T3 e semelhante aos demais tratamentos, indicando leve aceleração do amadurecimento e aumento dos sólidos solúveis.

De modo geral, o óleo de lemon eucalyptus mostrou-se o mais eficiente para reduzir perdas físicas e retardar a deterioração dos frutos, assim como observado por outros pesquisadores (Tzortzakis; Economakis 2007; Jhalegar *et al*., 2014), onde observaram que óleos de eucalipto apresentam efeito antitranspirante e uma atividade antifúngica nos frutos aplicados.

As análises realizadas permitiram avaliar de forma detalhada o efeito da aplicação de diferentes óleos essenciais na conservação pós-colheita da lima ácida Tahiti, considerando variáveis físico-químicas diretamente relacionadas à qualidade e à vida útil dos frutos durante o armazenamento.

Esse monitoramento é importante, visto que a conservação pós-colheita influencia diretamente a aceitação comercial e o valor de mercado do produto, além de contribuir para a redução de perdas ao longo da cadeia produtiva. Nesse contexto, a perda de massa fresca e grau Brix representam indicadores fundamentais do estado de maturação, da integridade dos tecidos e da manutenção do sabor característico do fruto ao longo do período de armazenamento.

A perda de massa fresca foi analisada para quantificar a intensidade da desidratação dos frutos, fator que pode comprometer tanto o aspecto visual quanto a qualidade interna. Enquanto o teor de sólidos solúveis (ºBx) foi utilizado como indicador da concentração de açúcares, refletindo alterações relacionadas ao amadurecimento e à qualidade sensorial. A análise conjunta dessas variáveis permitiu uma compreensão abrangente dos efeitos dos óleos essenciais, auxiliando na identificação de alternativas eficazes para a preservação pós-colheita da lima ácida Tahiti.

Conclusões

No início do armazenamento (0 dias), os tratamentos não influenciaram as variáveis analisadas. Aos 5 dias, a testemunha e os óleos de melaleuca e bergamot mint foram mais eficientes na conservação da umidade. Nesse período, o óleo de cúrcuma e a testemunha mantiveram os maiores teores de sólidos solúveis (ºBx).

Ao final de 10 dias, o óleo de lemon eucalyptus reduziu a perda de massa fresca, enquanto o de bergamot mint favoreceu a manutenção do ºBx. Conclui-se que os óleos de lemon eucalyptus e bergamot mint são eficazes na preservação da qualidade pós-colheita da lima ácida Tahiti, prolongando sua vida útil.

Referências

ARAÚJO, Letícia da Silva; COSTA; RODRIGUES, Eva Maria; SOARES, Taliane Leila; SANTOS, Idália Souza; JESUS, Onildo Nunes. Effect of time and storage conditions on the physical and physico-chemical characteristics of the pulp of yellow and purple passion fruit. **Food Science and Technology**, v. 37, n. 3, p. 1–8, 2017.

BASSAN, Marcelo Marangoni; BEZERRA, Débora Fernandes; COUTO, Hilton Thadeu Zarate; JACOMINO, Angelo Pedro. Beneficiamento pós-colheita de lima ácida Tahiti afeta sua qualidade e conservação. **Ciência Rural.** v.46, n.1, p.184-190, 2016.

CHITARRA, Maria Isabel Fernandes; CHITARRA, Admilson Bosco. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.

COSTA, Lucas Cavalcante; RIBEIRO, Wellington Souto; NUNES, André Spinosa; COSTA, Rayssa Ribeiro. Conservação pós-colheita de frutos: aspectos fisiológicos e tecnológicos. **Revista Ibero-Americana de Tecnologia Pós-Colheita**, v. 22, n. 1, p. 1-10, 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Óleos essenciais e sua aplicação na conservação de frutas e hortaliças.** Embrapa Hortaliças, 2020.

HYLDGAARD, Anna A.; MYGIND, Tanja; MEYER, Rikke L. Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. **Frontiers in Microbiology**, v. 3, n. 12, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção agropecuária**: limão. Rio de Janeiro: IBGE.

JHALEGAR, Mayur Jivan; SHARMA, Rajendra Rai; SINGH, Dinesh. Postharvest disease management of fruits and vegetables using plant extracts and essential oils: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 49, n. 2, p. 123-138, 2012.

NEVES, Leandro Camargo. **Manual pós-colheita da fruticultura brasileira.** Londrina: EDUEL, 2018.

SILVA, Paula Porrelli Moreira da; TOLEDO, Nataly Maria Viva de; OLIVEIRA, Jacqueline de; GLORIA, Eduardo Micotti da; MAXIMO, Fabiane Barco; SPOTO, Marta Helena Fillet. **Biobased postharvest treatment using eucalyptus essential oils in edible coatings to inhibit Colletotrichum acutatum and prolong strawberry shelf life**, 2025.

SALVATORE, M. M.; NICOLETTI, R.; ANDOLFI, A. Essential oils in citrus fruit ripening and postharvest quality. **Horticulturae**, v. 8, n. 5, p. 396, 2022.

TZORTZAKIS, Nikolaos Georgios. Maintaining postharvest quality of fresh produce with volatile compounds. **Innovative Food Science & Emerging Techonologies**, v.8, n.1, p.111-116, 2007.