

ISSN 3085-9514

Eventos Técnicos & Científicos

5

Julho, 2025

Resumos expandidos 20ª Jornada Acadêmica da Embrapa Soja

30 de junho e 1º de julho de 2025

Londrina, PR



Embrapa
Soja

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Soja
Ministério da Agricultura e Pecuária**

ISSN 3085-9514

**Eventos Técnicos
& Científicos**

5

Julho, 2025

**Resumos expandidos
20ª Jornada Acadêmica
da Embrapa Soja**

30 de junho e 1º de julho de 2025
Londrina, PR

Embrapa Soja
Londrina, PR
2025

Embrapa Soja

Rod. Carlos João Strass, s/n
Acesso Orlando Amaral, Caixa postal
4006, CEP 86085-981, Distrito de
Warta, Londrina, PR
(43) 3371 6000
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações**Presidente**

Roberta Aparecida Carnevalli

Secretária-executiva

*Regina Maria Villas Bôas
de Campos Leite*

Membros

*Clara Beatriz Hoffmann-Campo,
Claudine Dinali Santos Seixas, Claudio
Guilherme Portela de Carvalho,
Fernando Augusto Henning, Leandro
Eugênio Cardamone Diniz, Liliane
Márcia Mertz-Henning, Maria Cristina
Neves de Oliveira e Norman Neumaier*

Organização da publicação

*Regina Maria Villas Bôas
de Campos Leite
Liliane Márcia Mertz-Henning
Kelly Catharin*

Normalização

Valéria de Fátima Cardoso

Capa

Vanessa Fuzinatto Dall’Agnol

Diagramação

*Vanessa Fuzinatto Dall’Agnol e
Marisa Yuri Horikawa*

Publicação digital: PDF**Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Soja

Jornada Acadêmica da Embrapa Soja (20. : 2025: Londrina, PR).

Resumos expandidos [da] XX Jornada Acadêmica da Embrapa Soja, Londrina, PR,
30 de junho e 1 de julho de 2025 – Londrina : Embrapa Soja, 2025.

PDF (153 p.) - (Eventos técnicos & científicos / Embrapa Soja, ISSN 3085-9514; 5)

1. Soja. 2. Pesquisa agrícola. I. Título. II. Série.

CDD (21. ed.) 630.2515

Comissão organizadora

Coordenação

Liliane Márcia Mertz-Henning
(Coordenação do PIBIC-CNPq/Embrapa Soja)

Comunicação

Kelly Catharin

Revisão e Editoração

Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite

Diagramação

Marisa Yuri Horikawa
Vanessa Fuzinato Dall'Agnol

Banca Avaliadora

André Mateus Prando
Edison Ulisses Ramos Junior
Juliana da Rosa
Mayara Mari Murata

Apresentação

A Jornada Acadêmica da Embrapa Soja tem como objetivo promover o trabalho desenvolvido pelos estudantes que integram o Programa de Estágio de Complementação Educacional da Embrapa e o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq) junto às equipes de pesquisa e desenvolvimento da Unidade.

Por meio da inscrição de trabalhos nas modalidades escrita e oral, os participantes vivenciam a dinâmica de um evento científico, contando com o suporte de seus orientadores e do Comitê Local de Publicações (CLP) da Embrapa Soja. Além disso, interação com seus pares e com o público interno da empresa, em um significativo processo de aprendizagem.

Em sua 20ª edição, realizada nos dias 30 de junho e 1º de julho de 2025, presencialmente no auditório da Embrapa Soja, Londrina, PR, a Jornada Acadêmica contou com 22 trabalhos inscritos, cujos resumos expandidos encontram-se nesta publicação, que temos a satisfação de apresentar.

Cabe à Embrapa Soja agradecer aos orientadores e estagiários, bem como aos revisores do Comitê Local de Publicação, à banca avaliadora e ao Núcleo de Comunicação Organizacional, que contribuíram para a realização da 20ª Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. Aproveitamos, ainda, para parabenizar a todos pelos resultados alcançados.

Roberta Aparecida Carnevalli
Chefe-adjunta de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Soja

Sumário

Eficiência de ingredientes ativos isolados no controle da ferrugem-asiática da soja em Londrina, PR, safra 2024/2025	8
Plântulas em jogo: o papel do tratamento químico e do armazenamento na performance da soja	13
Atualizando Sistemas Legados: transformação digital na agricultura com modelagem de dados.....	19
Substituição do meio B5 pelo meio MS nas etapas iniciais da transformação genética de soja	26
Inativação do KT11 em soja por CRISPR-Cas9: Quantificação da inibição da tripsina	34
Inativação de lectina em soja por CRISPR-Cas9: Avaliação da hemaglutinação	40
Potencial inseticida do óleo essencial “OE Embrapa” em <i>Anticarsia gemmatalis</i> , <i>Chrysodeixis includens</i> e <i>Spodoptera frugiperda</i>	46
Toxicidade de um bioinseticida comercial para <i>Rachiplusia nu</i> (Guenée,1852) (Lepidoptera:Noctuidae) e sua seletividade para <i>Trichogramma pretiosum</i> (Riley,1879) (Hymenoptera: Trichogrammatidae)	53
Perfil metabólico de seivas de plantas de soja com e sem sintomas de encarquilhamento foliar.....	60
Cinética de neutralização da acidez em solos com capacidade de troca de cátions distintas.....	68
Resposta de duas cultivares do grão-de-bico a fontes de nitrogênio	74
Eficiência do controle biológico de lagartas em soja pulverizada com drone em diferentes velocidades de deslocamento	79

Diagnóstico rápido da nutrição potássica da soja: avaliação de metodologias de determinação.....	87
Fluxo de ar descendente produzido por drone de pulverização agrícola com diferentes velocidades de trabalho.....	92
Infeção por fungos entomopatogênicos em <i>Euschistus heros</i> e <i>Diceraeus melacanthus</i> , pragas da soja e do milho.....	101
Avaliação de características agronômicas de híbridos de girassol para pássaros cultivados em Londrina, PR, safra 2024/2025.....	106
Alterações do processo infeccioso do vírus de poliedrose nuclear em <i>Spodoptera frugiperda</i> submetidas a 31°C e 34°C.....	112
Ferramentas digitais aplicadas à avaliação de sistemas de terraceamento em bacia hidrográfica	117
Em Dia: duas décadas do Boletim Interno da Embrapa Soja.....	125
Análise comparativa da produtividade da soja pós-trigo e pós-milho 2ª safra na região de transição climática do Paraná.....	131
Potencial de bactérias para controle de fitopatógenos da soja	141
Análise da taxa de desenvolvimento de diferentes populações de <i>Macrotipium lathyroides</i>	147

Eficiência de ingredientes ativos isolados no controle da ferrugem-asiática da soja em Londrina, PR, safra 2024/2025

Nathalye de França Santos⁽¹⁾, Rafael Lopes da Silva⁽²⁾, Maria Eduarda Prado Borges⁽²⁾, Cláudia Vieira Godoy⁽³⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, UNOPAR, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina PR. ⁽²⁾ Bolsista FAPED, Londrina PR. ⁽³⁾ Engenheira-agrônoma, doutora, pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

A ferrugem-asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, é a doença mais severa da cultura, podendo causar redução de produtividade de até 90% quando não controlada (Yorinori et al., 2005; Hartman et al., 2015). Os primeiros sintomas da doença são caracterizados por minúsculos pontos mais escuros do que o tecido sadio da folha, de coloração esverdeada a cinza-esverdeada, com correspondente saliência (urédia) na parte inferior da folha. Os sintomas podem aparecer em qualquer estágio de desenvolvimento da planta (Yorinori et al., 2005).

Existem diversas estratégias para o controle da ferrugem-asiática da soja que incluem a ausência da semeadura de soja e a eliminação de plantas voluntárias na entressafra por meio do vazio sanitário para redução do inóculo do fungo, a utilização de cultivares de ciclo precoce e semeaduras no início da época recomendada como estratégia de escape da doença, a utilização de cultivares com genes de resistência e o monitoramento da lavoura desde o seu início de desenvolvimento para definir o melhor momento do controle químico (Godoy et al., 2020).

Ao longo dos anos, uma menor sensibilidade do fungo *P. pachyrhizi* tem sido observada no Brasil para os diferentes grupos de fungicidas sítio-específicos. Para acompanhar a sensibilidade do fungo, experimentos com ingredientes ativos isolados de diferentes grupos têm sido realizados nas diferentes regiões produtoras. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência de diferentes ingredientes ativos isolados no controle da ferrugem-asiática da soja em Londrina, PR, na safra 2024/2025.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em Londrina, PR, na fazenda experimental da Embrapa Soja. A cultivar DM 66i68 RSF IPRO, grupo de maturação 6.6, hábito de crescimento indeterminado, foi semeada em 28 de novembro de 2024 em Londrina, PR, na Fazenda Experimental da Embrapa Soja (23°11'6"S, 51°11'30"W, 590 m). As primeiras aplicações dos tratamentos foram realizadas a partir dos 53 dias após a semeadura (R2) (Fehr; Caviness, 1977), na ausência de sintomas de ferrugem e repetidas em intervalos médios de 14 dias, num total de quatro aplicações.

Para a aplicação dos produtos foi utilizado pulverizador costal pressurizado com CO₂, pontas de pulverização TEEJET XR 8002VS, pressão de 30 libras e volume de calda equivalente a 200 L/ha. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com 12 tratamentos (Tabela 1) e quatro repetições, sendo cada repetição constituída por parcelas com seis linhas de soja com 5 m de comprimento e espaçadas em 0,45 m, considerando-se as quatro linhas centrais como área útil para aplicação dos tratamentos e para as avaliações.

Foram realizadas avaliações periódicas da severidade da ferrugem a partir de R4 até R6 (Fehr; Caviness, 1977). As avaliações foram realizadas estimando-se a severidade nos terços inferior, médio e superior do dossel das plantas, em quatro pontos ao acaso na área útil das parcelas, sendo a média utilizada como a média de severidade da parcela.

Ao final do ciclo, as duas linhas centrais das parcelas foram colhidas com a colhedora de parcelas Winterstaiger, para estimativa da produtividade. A produtividade foi estimada em kg/ha, corrigida para 13% de umidade.

Os resultados foram submetidos a análise de variância e quando significativo foi utilizado o teste de Tukey para comparação de médias, utilizando o programa SASM-Agri (Canteri et al., 2001).

Tabela 1. Tratamentos para controle da ferrugem-asiática, *Phakopsora pachyrhizi*, na cultura da soja.

PRODUTO COMERCIAL (ingrediente ativo)	DOSES	
	L ou kg p.c./ha	g i.a./ha
1. Testemunha	-	-
2. tebuconazol	0,50	100
3. ciproconazol	0,30	30
4. ciproconazol	0,60	60
5. protioconazol	0,28	70
6. azoxistrobina ¹	0,24	60
7. picoxistrobina ¹	0,24	60
8. metominostrobin ²	0,30	60
9. clorotalonil	1,50	1.080
10. mancozebe ³	1,50	1.200
11. oxicloreto de cobre	0,70	411,6
12. fluazinam	1,00	500

¹Adicionado Ochima 0,25 L/ha; ²Adicionado Iharol Gold 0,25% v/v; ³Adicionado Áureo 0,25% v/v.

Resultados e Discussão

Na avaliação de severidade aos três dias após a quarta aplicação (3DAA4), no estádio R5.4, a severidade média da testemunha foi de 46,3% (Tabela 2). Os tratamentos com ciproconazol (T3 e T4), independente da dose, apresentaram severidade semelhante a testemunha sem fungicida nas duas avaliações de severidade. Entre os fungicidas inibidores de quinona externa (IQe – estrobilurinas), a maior severidade foi observada para azoxistrobina aos 3DAA4. Pícoxistrobina apresentou a menor severidade entre as estrobilurinas aos 10DAA4. Protioconazol apresentou severidade inferior a tebuconazol aos 3DAA4, se igualando aos 10DAA4. Protioconazol e tebuconazol apresentaram sintomas de fitotoxicidade no dossel superior das plantas, chegando a 21% de severidade (média dos três terços 7,1%). Aos 3DAA4, mancozebe e oxicloreto de cobre apresentaram severidade semelhante e inferior a clorotalonil e fluazinam, invertendo na avaliação aos 10DAA4, onde clorotalonil e fluazinam apresentaram as menores severidades entre os produtos multissítios e semelhante a picoxistrobina.

Não houve diferença de produtividade entre os tratamentos e a testemunha sem fungicida. A correlação entre produtividade e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foi $r=-0,41$, mostrando que outros fatores (clima e fitotoxicidade), além da ferrugem, interferiram na produtividade.

Tabela 2. Severidade da ferrugem-asiática (SEV%) em R5.4 (quatro dias após a quarta aplicação – DAA4) e R6 (10DAA4), porcentagem de controle (%C) em relação à testemunha sem tratamento, fitotoxicidade média da parcela (FITO%) e produtividade (PROD - kg/ha).

Ingrediente ativo	g i.a./ha	SEV		%C	SEV		%C	FITO (%)	PROD (kg/ha)	
		R5.4 3DAA4 %			R6 10DAA4 %					
1. Testemunha	-	46,3	a	-	69,0	a	-	0	2.726	n.s.
2. tebuconazol	100	16,9	b	63	43,3	b	37	7,1	2.841	
3. ciproconazol	30	42,1	a	9	69,5	a	0	0	2.459	
4. ciproconazol	60	38,8	a	16	71,0	a	0	0	2.456	
5. protioconazol	70	11,7	c	75	47,3	b	32	5,7	2.674	
6. azoxistrobina ¹	60	23,4	b	49	48,5	b	30	0	2.556	
7. picoxistrobina ¹	60	14,3	c	69	33,3	c	52	0	2.528	
8. metominostrobin ²	60	14,0	c	70	43,3	b	37	0	2.620	
9. clorotalonil	1.080	17,7	b	62	39,5	c	43	0	2.774	
10. mancozebe ³	1.200	13,9	c	70	44,5	b	36	0	2.697	
11. oxicloreto de cobre	411,6	13,9	c	70	54,3	b	21	0	2.765	
12. fluazinam	500	17,6	b	62	34,8	c	50	0	2.735	
C.V. %		10,27%			10,51%					

¹Adicionado Ochima 0,25 L/ha; ²Adicionado Iharol Gold 0,25% v/v; ³Adicionado Strides 0,25% v/v. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05\%$).

Conclusão

O ciproconazol, mesmo em diferentes doses, não foi eficiente no controle da ferrugem-asiática. Entre os fungicidas testados, picoxistrobina, clorotalonil e fluazinam foram os mais eficazes, sendo recomendados somente em misturas. Protiocanazol e tebuconazol reduziram a severidade, mas apresentaram fitotoxicidade, exigindo cautela quanto ao momento de aplicação. A baixa correlação entre severidade e produtividade ressalta que outros fatores além da ferrugem interferiram na produtividade.

Referências

- CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S.; GIGLIOTI, E. A.; GODOY, C. V. SASM-Agri – Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 1, p. 18-24, 2001.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special report, 80).
- GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M. **Ferrugem-asiática da soja**: bases para o manejo da doença e estratégias antirresistência. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 39 p. (Embrapa Soja. Documentos, 428).
- HARTMAN, G. L.; SIKORA, E. J.; RUPE, J. C. Rust. In: HARTMAN, G. L.; RUPE, J. C.; SIKORA, E. J.; DOMIER, L. L.; DAVIS, J. A.; STEFFEY, K. L. (ed.). **Compendium of soybean diseases and pests**. 5th ed. St. Paul, MN: APS Press, 2015, p. 56-58.
- YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M.; FREDERICK, R. D.; COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; HARTMAN, G. E.; GODOY, C. V.; NUNES JUNIOR, J. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay. **Plant Disease**, v. 89, p. 675-677, 2005.

Plântulas em jogo: o papel do tratamento químico e do armazenamento na performance da soja

Ana Carolina Dias Balan⁽¹⁾, Luigi Bertolaccini Scolin⁽²⁾, Danilo Gimenes Coutinho Zanluchi⁽¹⁾, Francisco Carlos Krzyzanowski⁽²⁾, José de Barros França Neto⁽²⁾, Fernando Augusto Henning⁽²⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Centro Universitário Filadélfia (UNIFIL), bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Agronomia, Londrina, PR. ⁽³⁾ Engenheiro-agrônomo, doutor, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

Historicamente, o tratamento de sementes remonta ao século XVII, mas sua evolução o transformou em uma ferramenta tecnológica essencial na agricultura atual (Goulart; Nunes, 2021; Coimbra, 2024). No Brasil, os primórdios do tratamento de sementes de soja ocorreram com o uso de fungicidas, visando o controle de doenças transmitidas por sementes. A primeira recomendação oficial do tratamento com fungicidas foi feita pela Embrapa Soja, em 1981 (Henning et al., 1981). Na época, os fungicidas utilizados eram formulados em pó, sendo posteriormente substituídos por formulações líquidas, o que facilitou a ampliação da adoção da prática do tratamento de sementes.

Posteriormente, a expansão do TSI se caracterizou com a adoção de outros produtos, os quais foram adicionados ao tratamento das sementes de soja, como inseticidas, nematicidas, micronutrientes, bioestimulantes, inoculantes e grafite, que foram adicionados às sementes, utilizando-se polímeros, corantes e pós-secantes (França-Neto et al., 2024).

No Brasil predomina o tratamento de sementes em pré-semeadura; entretanto o processo de tratamento industrial (TIS) vem sendo adotado por empresas produtoras de sementes. Neste processo, o agricultor adquire suas sementes já tratadas, beneficiando-se nos aspectos de economia de tempo e de mão-de-obra, e de não se envolver fisicamente com o produto fitossanitário, além de receber uma semente de alta qualidade associada a um tratamento executado de forma profissional (Henning, 2014). Entretanto, têm sido relatados alguns problemas quanto à utilização desta tecnologia, como, um possível efeito fitotóxico de alguns princípios ativos sobre as sementes

durante o armazenamento, afetando a sua qualidade fisiológica e conseqüentemente o desenvolvimento das plântulas.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do armazenamento de sementes tratadas com diferentes combinações de fungicidas, inseticidas e nematocidas, sobre o desenvolvimento de plântulas de soja.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no Núcleo Tecnológico de Sementes e Grãos Dr. Nilton Pereira da Costa, da Embrapa Soja, Londrina, PR. A cultivar utilizada foi a BRS 1064IPRO, que apresentava elevada qualidade fisiológica, com vigor de 95% e viabilidade 98%, conforme determinado pelo teste de tetrazólio. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 7x5, com quatro repetições. Os fatores foram constituídos por sete tratamentos de sementes de soja, com produtos químicos recomendados para a cultura e cinco épocas de avaliação durante o armazenamento (0, 60, 120, 180, e 240 dias).

Os tratamentos e suas respectivas doses foram: 1) fipronil + piraclostrobina + tiofanato metílico (200 mL 100 kg⁻¹); 2) imidacloprido + tiodicarbe (300 mL 100 kg⁻¹); 3) abamectina + tiametoxan + fludioxonil + mefenoxam + thiabendazole (125 + 200 + 100 mL 100 kg⁻¹); 4) carboxin + thiram (200 mL 100 kg⁻¹); 5) fludioxonil + mefenoxam + thiabendazole + azoxistrobina (100 mL 100 kg⁻¹); 6) carboxin + thiram (250 mL 100 kg⁻¹) e 7) testemunha absoluta (sem tratamento).

O tratamento das sementes foi realizado em sacos plásticos, utilizando volume de calda de 600 mL 100 kg⁻¹ de sementes. Após o tratamento as sementes foram acondicionadas em caixas de papelão e armazenadas por 240 dias em condições ambientais não controladas.

Para a determinação do desenvolvimento de plântulas foram realizadas as seguintes avaliações: a) comprimento de parte aérea e da raiz de plântulas: utilizadas cinco subamostras de 20 sementes cada, por repetição, totalizando 400 sementes por tratamento, distribuídas em rolos de papel-toalha umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco, mantidos, em um germinador a 25 °C, durante cinco dias (Nakagawa, 1999). Os resultados expressos em cm. b) massa seca de parte aérea e de raiz de plântulas: foram

utilizadas as plântulas normais oriundas do teste de comprimento de parte aérea e raiz. Cada repetição foi acondicionada em sacos de papel e levadas a estufa, com circulação de ar forçado, mantida à temperatura de 80 °C, durante 24 horas (Nakagawa, 1999). Após a secagem, as amostras foram retiradas da estufa e colocadas em dessecador, antes da pesagem em balança digital com precisão de 0,0001g e os resultados foram expressos em mg por plântula.

Foi realizada análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A análise de regressão foi efetuada em função do tempo de armazenamento.

Resultados e Discussão

Para o comprimento de parte aérea de plântulas, a interação entre os fatores demonstrou na avaliação inicial que o tratamento 5 (fludioxonil + mefenoxam + thiabendazole + azoxistrobina) proporcionou maior comprimento em relação aos tratamentos 1, 2, 3, 4, 6 e testemunha, e que a partir dos 60 dias não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 1). Quanto ao efeito ao longo das épocas, ocorreu declínio no comprimento da parte aérea das plântulas conforme aumentou o período de armazenamento das sementes (Figura 1A).

No desenvolvimento radicular, o tratamento das sementes com os ingredientes ativos imidacloprido + tiodicarbe (T2) reduziu o comprimento das raízes em relação aos tratamentos 6 e testemunha (Tabela 1). Em trabalho realizado por Dan et al. (2010) os autores observaram comportamento similar na avaliação do comprimento total de plântulas de sementes de soja tratadas com os inseticidas imidacloprido + tiodicarbe.

Ainda para a variável comprimento de raiz, houve resposta linear negativa ao decorrer do período de armazenamento (Figura 1B). Piccinin et al. (2013) obtiveram resultado similar em sementes de soja tratadas com fungicidas e inseticidas isolados e armazenadas durante 180 dias.

Quanto à massa seca de parte aérea e raiz houve somente efeito isolado de época, sendo observado um decréscimo linear na massa das plântulas ao longo do período de armazenamento (Figura 1C e 1D).

Tabela 1. Comprimento de parte aérea e raiz de plântulas (cm) de sementes de soja da cultivar BRS 1064IPRO, submetidas a diferentes tratamentos químicos de sementes e épocas de avaliação durante o armazenamento.

¹Tratamentos	Épocas de armazenamento (dias)					
	0	60	120	180	240	Média
Comprimento da parte aérea						
1	5,84 B	6,00 A	4,96 A	4,28 A	3,42 A	4,90
2	5,76 B	4,52 A	4,60 A	4,08 A	3,45 A	4,48
3	5,85 B	5,86 A	4,67 A	4,10 A	3,99 A	4,89
4	6,49 B	5,78 A	4,79 A	4,61 A	3,94 A	5,12
5	8,42 A	5,21 A	5,64 A	4,48 A	3,56 A	5,46
6	6,75AB	5,29 A	5,65 A	4,09 A	3,54 A	5,06
7	5,99 B	5,78 A	5,50 A	4,72 A	3,74 A	5,15
CV(%)	13,58					
Comprimento de raiz						
1	13,77	9,58	8,08	5,65	4,71	8,36 AB
2	12,73	6,55	7,32	5,91	4,68	7,44 B
3	15,31	9,52	8,60	5,58	6,77	9,15 AB
4	14,11	9,08	8,22	6,85	5,04	8,66 AB
5	16,18	8,74	8,81	5,69	4,96	8,87 AB
6	14,57	8,41	10,44	7,87	5,81	9,42 A
7	13,76	10,41	9,63	7,12	5,44	9,27 A
CV(%)	18,42					

*Médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ¹Tratamentos: 1) fipronil + piraclostrobina + tiofanato metílico; 2) imidacloprido + tiodicarbe; 3) abamectina + tiametoxan + fludioxonil + mefenoxam + thiabendazole; 4) carben-dazin + thiram; 5) fludioxonil + mefenoxam + thiabendazole; 6) carboxin + thiram; 7) testemunha absoluta (sem tratamento).

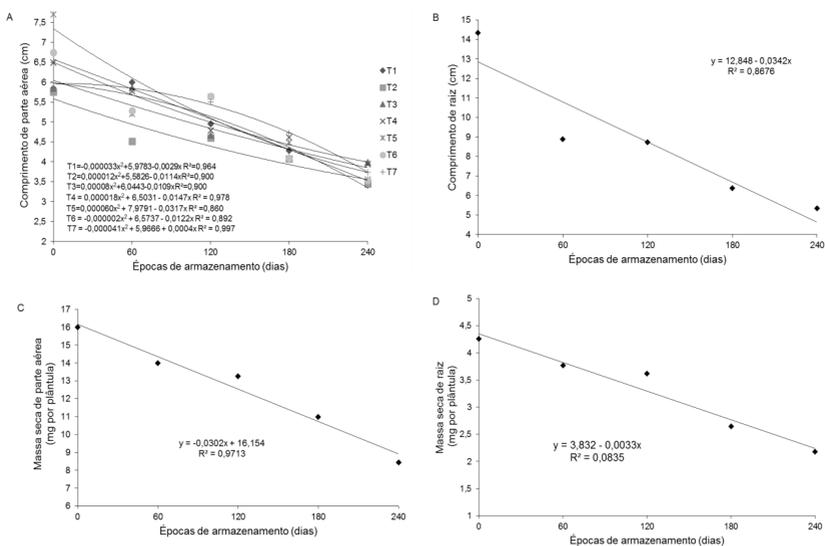


Figura 1. Comprimento de parte aérea (A) e raiz de plântulas (B), e massa seca de parte aérea (C) e raiz de plântulas oriundas (D) de sementes de soja submetidas a diferentes tratamentos químicos e épocas de armazenamento.

Conclusão

Conclui-se que inicialmente o tratamento com fludioxonil + mefenoxam + thiabendazole + azoxistrobina acarretou em aumento do comprimento da parte aérea das plântulas de soja, não observado após 60 dias de armazenamento das sementes. O tratamento das sementes com os inseticidas imidacloprido + tiodicarbe reduz o comprimento de raiz das plântulas de soja. O comprimento de plântulas e a massa seca diminuem ao longo do armazenamento, em todos os tratamentos, inclusive no tratamento testemunha.

Referências

COIMBRA, R. A. Qualidade e o tratamento de sementes. In: JORGE, A. C. O.; SAUERWEIN, N. A. A.; LORENZON, D. G. (ed.). **Fundamentos da plantabilidade e da qualidade das sementes**. São Paulo: Reino Editorial: MyFarm Agro, 2024. p. 109-131.

- DAN, L. G. M.; DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; CÂMARA, A. C. F.; GUADANIN, E. C. Efeito de diferentes inseticidas sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Global Science and Technology**, v. 3, n. 1, p. 50-57, 2010.
- FRANÇA-NETO, J. B.; BELNIAKI, A. C.; WEBER, F.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, F. A.; HENNING, A. A. **Adoção do tratamento de sementes de soja na indústria**. Londrina: Embrapa Soja, 2024. 20 p. (Embrapa Soja. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 37).
- GOULART, A. C. P.; NUNES, J. C. da S. Prática indispensável. **Cultivar Grandes Culturas**, ano 21, n. 269, p. 44-46, 2021.
- HENNING, A. A. Tratamento de sementes na fazenda ou industrial? **Revista Campo & Negócios**, v. 12, n. 140, p. 18-20, 2014.
- HENNING, A. A.; FRANÇA-NETO, J. B.; COSTA, N. P. Avaliação de fungicidas para tratamento de sementes de soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., 1981, Brasília. **Resumos...** Londrina: Embrapa-CNPSO, 1981. p. 90.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.24.
- PICCININ, G. G; BRACCINI, A. L.; DAN, L. G. M.; BAZO, G. L.; LIMA, L. H. S. Influência do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas. **Ambiência**, v. 9, n. 2, p. 289-298, 2013.

Atualizando Sistemas Legados: transformação digital na agricultura com modelagem de dados

Gabriel Buche⁽¹⁾, Luís Guilherme Teixeira Crusiol⁽²⁾, Giovani Veronezzi⁽³⁾, Bruna Maia da Silva⁽⁴⁾, Rubson Natal Ribeiro Sibaldelli⁽³⁾, José Renato Bouças Farias⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Estudante de Ciência da Computação, Centro Universitário Filadélfia (UNIFIL), Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Pesquisador visitante, bolsista FAPED/Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽³⁾ Laboratório de Agrometeorologia, Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽⁴⁾ Estudante de mestrado em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR. ⁽⁵⁾ Engenheiro-agrônomo, doutor, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

Em um mundo cada vez mais tecnológico, onde os dados se tornaram fundamentais para a tomada de decisões, a modelagem de dados do ambiente real para o digital tornou-se uma necessidade, impulsionando o desenvolvimento de ferramentas capazes de otimizar processos e apoiar decisões estratégicas (Buche et al., 2024). A coleta de dados climáticos, em especial, destaca-se por permitir, quando integrada a modelos de cultivo, a simulação e a estimativa do crescimento vegetal, fornecendo suporte essencial para decisões mais precisas. Nesse contexto, modelos de simulação têm se mostrado fundamentais para compreender os impactos das variações climáticas sobre a produção agrícola e auxiliar na definição de estratégias adaptativas, como destacado por Pinheiro et al. (2021).

Um desses modelos é o sistema de modelagem proposto pelo pesquisador do USDA (United States Department of Agriculture), Dr. Thomas R. Sinclair, desenvolvido originalmente na linguagem *BASIC*, cujo objetivo é simular o crescimento de plantas de soja com base em dados climáticos. A proposta baseia-se na integração de variáveis ambientais como temperatura, radiação solar e disponibilidade hídrica, para estimar o desenvolvimento fenológico da soja ao longo do tempo. O modelo foi posteriormente ajustado para as condições brasileiras, com a participação de pesquisadores da Embrapa Soja (Sinclair et al., 2003, 2005). Toda a modelagem agrônômica que serviu como base conceitual e que fundamenta esse sistema está detalhadamente descrita em Soltani e Sinclair (2012).

O código fazia uso intensivo da instrução *GOTO*, um recurso comum em linguagens da década de 1990 que, com o avanço da ciência da

computação, foi amplamente abandonado nas linguagens modernas por comprometer a legibilidade do código, dificultar sua manutenção e tornar sua atualização mais complexa (Dijkstra, 1968).

Além disso, o *BASIC* tradicional foi projetado para arquiteturas de 32 *bits* e não oferece suporte nativo a sistemas operacionais de 64 *bits*, hoje amplamente utilizados. Essa limitação compromete a compatibilidade do sistema original com os ambientes computacionais atuais, exigindo o uso de máquinas virtuais ou compiladores específicos para viabilizar sua execução, o que reforça a necessidade de reimplementação em uma linguagem mais moderna e compatível.

Apesar de sua relevância, a linguagem original tem seu acesso, manutenção e atualização dificultados por ser uma linguagem defasada em relação ao atual estágio da computação moderna. Assim, a atualização desse sistema, reimplementando-o em uma linguagem mais moderna, não apenas torna o modelo mais acessível, como também permite a integração com ferramentas e bibliotecas atuais que facilitam o desenvolvimento, a escalabilidade e a modularização do código. Além disso, essa modernização abre caminho para a aplicação de técnicas como algoritmos de *machine learning*, visando aprimorar a acurácia das estimativas e expandir as funcionalidades do sistema para análises preditivas mais robustas e novas, além de permitir uma interface mais amigável com os usuários.

Este trabalho tem como objetivo otimizar o sistema computacional voltado à estimativa do crescimento da soja com base em variáveis climáticas, desenvolvido inicialmente por pesquisadores do USDA e posteriormente ajustado por pesquisadores da Embrapa Soja, convertendo-o da linguagem *BASIC* para a linguagem *Python* (Python Software Foundation, 2025).

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido na Embrapa Soja, no Laboratório de Agrometeorologia. Inicialmente, realizou-se a análise do código-fonte original, implementado em linguagem *BASIC*, com foco na estrutura lógica empregada para a estimativa do crescimento vegetal.

A versão original do sistema apresenta entrada de parâmetros diretamente no código-fonte, o que exige alterações manuais na programação a cada nova simulação. Os cálculos realizados pelo sistema

estimam parâmetros como índice de área foliar (*LAI*) e biomassa ao longo do ciclo fenológico.

Para a criação de uma versão atualizada do sistema, optou-se pela linguagem de programação *Python*, na versão 3.13, devido à sua ampla gama de bibliotecas e ferramentas que facilitam tanto a manutenção quanto a integração com tecnologias modernas. Dentre as bibliotecas utilizadas, destacam-se *csv*, *PyQt5*, *math* e *pandas*, fundamentais para o tratamento de dados, desenvolvimento de interface gráfica e realização de cálculos numéricos.

Com o objetivo de viabilizar o uso dos dados climáticos no novo sistema, foi desenvolvido um *script* em *Python* para converter os arquivos climáticos do formato *'.par'*, utilizados no sistema original, para o formato *'.csv'*. Essa conversão facilita a manipulação dos dados diretamente na aplicação, permitindo seu processamento por meio da biblioteca padrão *'.csv'* da linguagem *Python*.

Na reimplementação, a lógica computacional do modelo original foi preservada, mas com melhorias significativas na experiência do usuário, por meio do desenvolvimento de uma interface gráfica. Essa interface foi implementada com o uso do framework *PyQt5*, que fornece recursos para a criação de interfaces em *Python* baseadas na biblioteca *Qt* (Riverbank Computing, 2023). A migração de uma linguagem de programação antiga para uma mais moderna pode resultar em diferenças na precisão dos cálculos, especialmente devido aos métodos de arredondamento e representação numérica adotados por cada linguagem.

Com o objetivo de verificar a consistência entre as versões, foram realizadas simulações em ambas as implementações, utilizando os mesmos parâmetros da cultura, do solo e dados climáticos, a fim de comparar os resultados obtidos. Os resultados dessas simulações, utilizando dados climáticos coletados pelo conjunto de estações meteorológicas da Embrapa Soja (Farias et al., 2021), foram correlacionados.

Resultados e Discussão

A Figura 1 apresenta a interface gráfica desenvolvida, com sete campos de entrada (*inputs*), sendo o primeiro destinado à quantidade de água disponível, expressa em percentual. O segundo campo é para

inserção da data de semeadura, que deve seguir o formato dia/mês/ano, separados por barras. O terceiro campo recebe a população de plantas por metro quadrado (m^2). No quarto campo, informa-se a profundidade do sistema radicular (PSR), em milímetros (mm). No quinto campo, solicita-se o valor da temperatura base em graus Celsius. O sexto campo permite selecionar a cultura implementada anteriormente, com as opções milho ou trigo.



Projeto Simulação (Dr. José Renato Bouça...)

Água disponível: 0,00 %

Data de semeadura: data de semeadura (dd/mm/aaaa)

População: 1,00 m^2

PSR: 0,0 mm

Temp base: 0,0 °C

Cultura Anterior: Milho

Arquivo climático: Arraste o arquivo ou cli...

Figura 1. Interface gráfica do sistema de simulação atualizado para linguagem *Python*.

Por fim, há um campo para inserção do caminho do arquivo climático, ou a opção “Abrir” que permite acessar o menu para seleção do arquivo. Esta opção recebe como entrada arquivos *CSV* contendo dados climáticos organizados por dia, mês e ano, com as variáveis radiação solar, temperatura mínima e máxima, e precipitação pluviométrica. Após o preenchimento de todos os *CSV* campos, ao clicar em “Executar Simulação”, o sistema realiza os cálculos necessários e gera um arquivo no formato contendo os resultados da simulação.

A nova interface permite a inserção dinâmica dos dados de entrada, eliminando a necessidade de modificações no código-fonte a cada simulação, tornando o sistema mais acessível e amigável ao usuário.

Além disso, a escolha da linguagem *Python* possibilita, no futuro, a incorporação de recursos avançados, como modelos de previsão de produtividade baseados em técnicas de *machine Learning*.

A Figura 2 apresenta os resultados da simulação do índice de área foliar (*LAI*) e da biomassa, por meio do sistema otimizado em *Python*, ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura. Observa-se, inicialmente, um incremento gradual do *LAI* e da biomassa a partir da data de emergência. A partir desse momento, o *LAI* cresceu rapidamente, refletindo a expansão da superfície foliar disponível para interceptação de radiação. De forma similar, a biomassa apresentou aumento constante. Próximo dos 90 dias após a semeadura, tanto o *LAI* quanto a biomassa atingiram seus valores máximos, período compatível com período de enchimento de grãos.

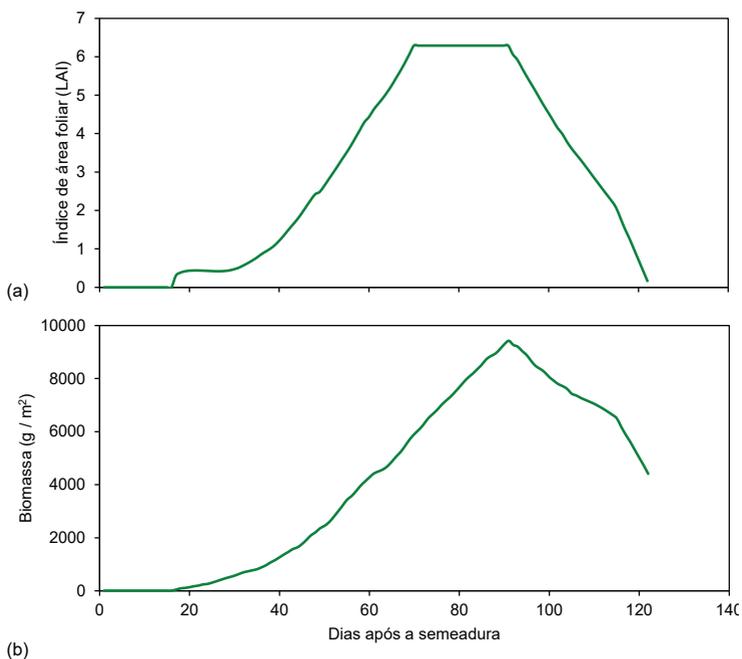


Figura 2. Valores de índice de área foliar (*LAI*) (a) e biomassa (b) gerados a partir da simulação utilizando o sistema atualizado para a linguagem *Python*.

A regressão linear, passando pela origem, entre os valores estimados pelo modelo original e pelo modelo otimizado revelaram coeficiente de determinação de 0,99 tanto para *LAI* quanto para biomassa, o que denota a elevada similaridade entre os valores simulados e assegura a eficiência da otimização da linguagem original, em *BASIC*, para a linguagem *Python*.

Conclusão

A atualização do modelo agrícola legado em linguagem *BASIC* para *Python*, junto ao desenvolvimento de uma interface gráfica intuitiva, resultou em uma ferramenta acessível a usuários sem conhecimento avançado de programação. Essa atualização não apenas preservou a lógica original e sua modelagem, mas também ampliou a flexibilidade do sistema ao permitir a inserção dinâmica de dados climáticos, dos solos e parâmetros agronômicos.

O uso de bibliotecas modernas, como *pandas* para tratamento de dados e *PyQt5* para a interface, demonstrou ser eficaz na organização do fluxo de trabalho, tornando as simulações mais ágeis e visualmente compreensíveis. Além disso, a estrutura modular em *Python* abre caminho para incorporar modelos mais complexos e integrar técnicas avançadas de *machine learning*, o que poderá aumentar a precisão das estimativas de produtividade e aprimorar a capacidade de tomada de decisão em tempo real.

Referências

- BUCHE, G.; CRUSIOL, L. G. T.; SIBALDELLI, R. N. R.; FARIAS, J. R. B. Aplicativo móvel para disponibilização de publicações agrometeorológicas e consulta em tempo real de dados da estação meteorológica da Embrapa. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 19., 2024, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2024. p. 31-35. (Embrapa Soja. Eventos técnicos & científicos, 4).
- DIJKSTRA, E. W. Go To Statement Considered Harmful. **Communications of the ACM**, v. 11, n. 3, p. 147-148, 1968. Disponível em: <https://homepages.cwi.nl/~storm/teaching/reader/Dijkstra68.pdf>. Acesso em: 16 maio 2025.
- FARIAS, J. R. B.; SIBALDELLI, R. N. R.; GONÇALVES, S. L. **Caracterização e normal climatológica da fazenda experimental da Embrapa Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2021. 50 p. (Embrapa Soja. Documentos, 439).

PINHEIRO, A. G.; SOUZA, L. S. B. de; JARDIM, A. M. da R. F.; ARAUJO JUNIOR, G. N.; ALVES, C. P.; SOUZA, C. A. A. de; SILVA, G. I. N. da; SILVA, T. G. F. da. Importância dos modelos de simulação de culturas diante os impactos das alterações climáticas sobre a produção agrícola - Revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 6, p. 3648-3666, 2021. DOI: 10.26848/rbgf.v14.6.p3648-3666.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. **CSV - Leitura e gravação de arquivos CSV**: Documentação oficial do Python 3.13. 2025. Disponível em: <https://docs.python.org/pt-br/3.13/library/csv.html>. Acesso em: 16 maio 2025.

RIVERBANK COMPUTING. **PyQt5 Documentation**. c2023. Disponível em: <https://www.riverbankcomputing.com/static/Docs/PyQt5/>. Acesso em: 16 maio 2025.

SINCLAIR, T. R.; FARIAS, J. R.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Modeling nitrogen accumulation and use by soybean. **Field Crops Research**, v. 81, n. 2/3, p. 149-158, 2003.

SINCLAIR, T. R.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L. Comparison of vegetative development in soybean cultivars for low-latitude environments. **Field Crops Research**, v. 92, n. 1, p. 53-59, 2005.

SOLTANI, A.; SINCLAIR, T. R. **Modeling physiology of crop development, growth and yield**. Cambridge, MA: CABI, 2012. 340 p.

Substituição do meio B5 pelo meio MS nas etapas iniciais da transformação genética de soja

Maria Eduarda Silva Osco⁽¹⁾, Rodrigo Thibes Hoshino⁽²⁾, Alexandre Lima Nepomuceno⁽³⁾, Liliane Marcia Mertz-Henning⁽³⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Centro Universitário Filadélfia (UNIFIL), bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Engenheiro-agrônomo, doutor, bolsista da Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento (FAPED), Londrina, PR. ⁽³⁾ Engenheiro-agrônomo, doutor, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

A biotecnologia é uma ciência multidisciplinar que integra técnicas e ferramentas diversas. A obtenção de um organismo geneticamente modificado (OGM) exemplifica essa integração, dependendo de protocolos de microbiologia, biologia molecular e cultura de tecidos (Xavier et al., 2009).

A cultura de tecidos vegetais consiste no cultivo *in vitro* e asséptico de diferentes explantes vegetais (folhas, caules, raízes, gemas, sementes). Esses explantes possuem totipotência, permitindo a multiplicação e/ou regeneração de novos órgãos, brotos, folhas, raízes, plantas inteiras ou embriões somáticos, mediante o cultivo em meios de cultura (MC) específicos suplementados com fitorreguladores (Phillips; Garda, 2019).

Os MC apresentam variadas composições nutricionais, com diferentes concentrações de vitaminas, carboidratos e aminoácidos, ajustadas à espécie, genótipo, tipo de explante e objetivo do cultivo (Gamborg; Phillips, 2013).

A transformação genética de soja envolve etapas sequenciais, incluindo transformação, cocultivo, seleção e indução de multibrotamento, alongação e enraizamento. Cada etapa requer cultura de tecidos em meios específicos, conferindo complexidade e custo ao processo. Dentre os MC comerciais para soja, destacam-se o meio de Murashige-Skoog (MS) e o meio de Gamborg (B5) (Kanamori et al., 2017).

O meio B5 é recomendado para as fases iniciais de seleção e indução de multibrotamento (SIM). Nessas fases, os sais básicos do meio B5

são combinados com 6-benzilaminopurina (BAP), sacarose e agentes seletivos, promovendo a organogênese direta de múltiplos brotos a partir de nós cotiledonares de sementes maduras, utilizados como explantes na transformação (Kanamori et al., 2017).

Após a indução de multibrotamentos, a etapa subsequente é a alongação das brotações em meios de seleção e alongação (SEM). Os meios SEM são baseados na composição do meio MS, suplementados com sacarose e um balanço hormonal específico de citocininas, giberelinas e auxinas, resultando na diferenciação, crescimento e alongação da parte aérea, que é subsequentemente seccionada e subcultivada em meios específicos para o enraizamento em etapas posteriores (Kanamori et al., 2017).

Visando melhorar a eficiência da regeneração e reduzir o custo na cultura de tecidos, este trabalho objetivou avaliar a eficiência do meio de cultura MS em substituir o meio B5 nas etapas iniciais da transformação genética de soja, mensurando o impacto na taxa de organogênese e nos custos de produção.

Material e Métodos

Material Vegetal e Transformação

Sementes de soja *Glycine max* (L.) Merr., cultivar BRS 573, foram utilizadas como material vegetal para o estabelecimento do sistema de transformação genética via *Agrobacterium tumefaciens*. Aproximadamente 140 sementes foram submetidas ao processo de transformação, seguindo o protocolo de "Half-Seed" (Kanamori et al., 2017). Foi utilizado o vetor (S6-2) contendo o gene *BAR*, que confere resistência ao herbicida glufosinato de amônio, o qual foi utilizado como agente seletivo.

Previamente à inoculação, as sementes foram submetidas à esterilização por exposição a gás cloro. A embebição das sementes ocorreu em meio de germinação (GM), por um período de 16 horas. O inóculo bacteriano, constituído pela linhagem EHA-105 de *A. tumefaciens*, foi preparado em meio líquido Luria Bertani (LB) suplementado com espectinomicina (50 mg L^{-1}) e rifampicina (50 mg L^{-1}) e cultivado sob agitação orbital (170 rpm) a 28°C até atingir a fase de crescimento adequada (0,6 – 1,2, OD-600).

A infecção dos explantes foi realizada através da técnica de “Half-Seed”, que consistiu na indução de microferimentos na região do nó cotiledonar com o auxílio de uma microescova de aço, seguida da imersão em meio de cocultivo líquido (CCM). Os explantes infectados foram então transferidos para meio CCM solidificado com ágar e mantidos em cocultivo por 7 dias em câmara de crescimento sob condições controladas de temperatura (25°C) e fotoperíodo (16/8 horas claro/escuro).

Após o período de cocultivo, o hipocótilo excedente de cada explante foi removido, mantendo-se aproximadamente 4 mm de tecido. Os explantes foram subsequentemente submetidos a um protocolo de lavagem para a eliminação do excesso de células bacterianas. Este protocolo consistiu em duas lavagens intercaladas com uma solução de água destilada esterilizada e hipoclorito de sódio (2,5% de cloro na proporção 2:1), seguidas por três enxágues em água destilada esterilizada. Todas as etapas de preparo e manipulação dos explantes foram conduzidas em ambiente estéril, sob fluxo laminar.

Preparo e Aplicação dos Meios de Cultura

O presente estudo empregou um total de seis tratamentos de meios de cultura: o meio B5 (Gamborg et al., 1968) na concentração padrão recomendada pelo fabricante (3,2 g L⁻¹) como controle, e cinco concentrações do meio MS (Murashige e Skoog, 1962) correspondentes a 0, ¼, ½, ¾ e 1 vez a concentração padrão (4,4 g L⁻¹). Cada meio foi suplementado com sacarose (3%), 6-benzilaminopurina (BAP) na concentração de 1,6 mg L⁻¹, vitaminas conforme a formulação padrão do meio MS, e ágar bacteriológico (0,6%). O pH de todos os meios foi ajustado para 5,6 com hidróxido de sódio (NaOH, 1 M) antes da esterilização em autoclave a 121°C e 1 atm por 15 minutos.

Após a autoclavagem e resfriamento dos meios a aproximadamente 55°C, foi adicionada uma solução estoque de glufosinato de amônio (5 mg mL⁻¹) na proporção de 300 µL por litro de meio. Os meios contendo o agente seletivo foram então dispensados em potes plásticos de polipropileno estéreis (250 mL), com um volume de aproximadamente 30 mL por pote.

Para cada tratamento, dez explantes foram cuidadosamente inseridos nos respectivos meios de cultura, com os hipocótilos completamente em contato com o meio. Cada pote contendo dez explantes constituiu uma unidade experimental (repetição), totalizando quatro repetições por tratamento. Os potes foram distribuídos aleatoriamente em uma câmara de crescimento (25°C, fotoperíodo de 16/8 horas claro/escuro) por um período inicial de 15 dias. Após este período, os explantes foram transferidos para o mesmo meio de cultura original e mantidos por mais sete dias sob as mesmas condições ambientais.

Variáveis Avaliadas e Análise Estatística

As seguintes variáveis foram avaliadas para cada explante: presença de cotilédones amarelados (CA), tamanho das brotações (classificação visualmente em pequena - P, intermediária - I e grande - G), ocorrência de folhas amareladas (FA), massa fresca (MFr) e massa seca (MSe) das brotações regeneradas.

A variável CA foi determinada pela observação visual da presença de áreas amareladas nos cotilédones. O tamanho das brotações foi categorizado em três classes qualitativas, representando o desenvolvimento e a quantidade de brotos por explante. A variável FA foi avaliada pela contagem de explantes que apresentavam uma ou mais folhas senescentes ou com amarelecimento generalizado. A MFr foi obtida pela pesagem das brotações separadas dos cotilédones em balança semi-analítica (precisão de 0,001 g). Para a determinação da MSe, as brotações foram secas em estufa com ventilação forçada a 45°C por 72 horas e subsequentemente pesadas na mesma balança.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) após a verificação dos pressupostos de normalidade e homocedasticidade dos erros. As médias dos tratamentos foram comparadas ao controle (meio B5) utilizando o teste de Tukey, e o efeito das diferentes concentrações do meio MS foi avaliado por análise de regressão linear. Todas as análises estatísticas foram realizadas com um nível de significância de 5% ($p < 0,05$), utilizando o software RStudio e o pacote AgroR.

Resultados e Discussão

Organogênese e desenvolvimento fitométrico

A cultura de *Agrobacterium tumefaciens* (linhagem EHA-105) atingiu uma densidade óptica de 1,2 (DO_{600}) e foi utilizada para a transformação genética das sementes de soja. O inóculo bacteriano, ressuspenso em meio de cocultivo líquido (CCM) no mesmo volume do meio LB utilizado para o crescimento, demonstrou viabilidade adequada para o processo de infecção.

A análise da organogênese revelou uma correlação negativa e linear entre a concentração de sais do meio MS e o número de cotilédones amarelados (CA). Observou-se uma redução significativa na média de CA, de 8,25 no tratamento sem adição de MS (0 MS) para 0,25 no tratamento com a concentração total de MS (1,0 MS). O meio B5 apresentou uma média de 4,75 CA, não diferindo estatisticamente dos tratamentos com 0,25 e 0,5 MS, mas exibindo um número significativamente superior de CA em comparação com os tratamentos 0,75 e 1,0 MS ($p < 0,05$) (Tabela 1 e Tabela 2).

Tabela 1. Média das variáveis: cotilédones amarelos (CA), brotos pequenos (P), brotos intermediários (I), brotos grandes (G), folhas amareladas (FA), massa fresca (MFr) e massa seca (MSe), dos tratamentos com concentrações de sais do meio de cultura Murashigie e Skoog (MS) e Gamborg (B). Letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

TRAT	CA	P	I	G	FA	MFr	MSe							
0 MS	8.25	a	2.00	a	7.00	a	1.00	b	0.25	b	1.31	d	0.18	c
0.25 MS	7.75	ab	2.75	a	5.75	ab	1.50	b	0.00	b	1.45	d	0.20	c
0.5 MS	4.75	b	1.50	a	3.00	abc	5.50	ab	0.00	b	1.95	c	0.27	b
0.75 MS	1.25	c	1.00	a	1.50	c	6.50	a	0.00	b	2.33	bc	0.32	ab
1 MS	0.25	c	0.75	a	1.00	c	7.50	a	0.50	b	2.85	a	0.36	a
B5	4.75	b	1.50	a	2.75	bc	5.75	ab	4.25	a	2.58	ab	0.33	a
CV (%)	29.86		58.61		53.24		45.80		60.00		9.83		8.63	

Tabela 2. Ajustes de regressão linear das variáveis: cotilédones amarelos (CA), brotos pequenos (P), brotos intermediários (I), brotos grandes (G), folhas amareladas (FA), massa fresca (MFr) e massa seca (MSe), em função das doses de sais do meio de cultura Murashigue e Skoog (MS). **significativo a 0.01, *significativo a 0.05 e NS – não significativo.

Variáveis	Equação	R ²	p<(0.05)
CA	$y = 8.95 - 9.00x$	0.95	**
P	$y = 2.45 - 1.70x$	0.70	*
I	$y = 6.90 - 6.50x$	0.95	**
G	$y = 0.80 + 7.20x$	0.92	**
FA	$y = 0.05 + 0.20x$	0.13	NS
MFr	$y = 1.18 + 1.58x$	0.97	**
MSe	$y = 0.16 + 0.19x$	0.98	**

Em relação ao tamanho das brotações, a frequência de brotos pequenos (P) não apresentou variação significativa entre os tratamentos. Essa constância na ocorrência de 1 a 2 explantes com desenvolvimento limitado sugere uma possível influência da heterogeneidade no vigor das sementes utilizadas, independentemente da composição do meio de cultura (Tabela 1 e Tabela 2).

Para as classes de tamanho intermediário (I) e grande (G) de brotações, verificou-se uma relação inversamente proporcional e linear em função da concentração de sais MS. A frequência de brotos intermediários (I) decresceu progressivamente com o aumento da concentração de MS, enquanto a frequência de brotos grandes (G) apresentou um incremento linear significativo. O número médio de brotos grandes (G) no meio B5 (5,75) não diferiu estatisticamente dos meios MS nas concentrações de 0,5, 0,75 e 1,0 ($p \geq 0,05$), indicando um desempenho similar destes tratamentos na promoção do desenvolvimento vigoroso das brotações (Tabela 1 e Tabela 2).

A ocorrência de folhas amareladas (FA) não demonstrou uma resposta clara às diferentes concentrações de MS. O controle (meio B5) apresentou uma média de 4,25 FA, que foi significativamente superior ($p < 0,05$) aos observados nos tratamentos com meio MS, sugerindo um possível efeito positivo das concentrações de MS na manutenção da integridade foliar inicial (Tabela 1 e Tabela 2).

As variáveis relacionadas à biomassa das brotações (massa fresca - MFr e massa seca - MSe) exibiram um aumento linear significativo em função das concentrações de sais MS. Os tratamentos com 0,75 e 1,0 MS não apresentaram diferenças estatisticamente significativas em relação ao meio B5 para ambas as variáveis ($p \geq 0,05$), indicando que essas concentrações de MS proporcionaram um acúmulo de biomassa similar ao meio controle. Por outro lado, os tratamentos com concentrações mais baixas de MS (0, 0,25 e 0,5 MS) resultaram em MFr significativamente menor ($p < 0,05$). A MSe seguiu uma tendência semelhante, com os tratamentos B5, 0,75 e 1,0 MS apresentando valores equivalentes e superiores aos demais (Tabela 1 e Tabela 2).

Em conjunto, a análise das variáveis analisadas sugere que a utilização do meio MS nas concentrações de 0,75 ($3,3 \text{ g L}^{-1}$) e 1,0 ($4,4 \text{ g L}^{-1}$) apresenta um desempenho promissor para a fase inicial da cultura de tecidos de soja visando a transformação genética. Essas concentrações proporcionaram um acúmulo de biomassa das brotações e uma frequência de explantes com brotações grandes comparáveis ao meio B5, além de demonstrarem um efeito positivo na redução do amarelecimento de cotilédones e folhas. Tais resultados indicam o potencial do meio MS, em concentrações adequadas, como uma alternativa eficiente ao meio B5 para as etapas iniciais da transformação de soja.

Análise de Custos dos Meios de Cultura

A análise comparativa de custos dos sais básicos dos meios de cultura, baseada em cotações de 16 de maio de 2025 no site da Sigma-Aldrich (<https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt>), revela uma diferença significativa entre o meio MS (Sigma-Aldrich M5519) e o meio Gamborg-B5 (Sigma-Aldrich, G5768). O custo para o preparo de 10 litros do meio MS é de R\$ 156,00, enquanto o mesmo volume do meio B5 apresenta um custo de R\$ 336,00.

Considerando os demais componentes essenciais para as etapas de seleção e indução de multibrotamento (SIM), como vitaminas, fitormônios e agentes seletivos (antibióticos), o custo total por litro de meio, utilizando a formulação padrão com sais B5, é estimado em R\$ 60,70. Destes, os sais B5 representam aproximadamente 55% do custo total do meio.

A substituição dos sais B5 pelos sais MS na formulação do meio para as etapas iniciais de transformação resultaria em uma redução significativa no custo por litro. O custo estimado por litro, utilizando os sais MS e mantendo as concentrações dos demais componentes, seria de R\$ 42,70. Nesta nova configuração, os sais MS representariam cerca de 36,5% do custo total do meio.

A projeção da substituição dos sais B5 pelos sais MS indica potencial economia de aproximadamente 30% nos custos de preparação dos meios de cultura utilizados nas etapas iniciais do processo de transformação genética de soja. Esta redução de custos pode ter um impacto significativo na viabilidade econômica e na escalabilidade do protocolo de transformação.

Conclusão

O meio de cultura MS nas concentrações 0,75 e 1,0 MS podem ser utilizados em substituição do meio B5, nas fases iniciais da transformação de soja, representando uma alternativa na redução de custos sem comprometer a organogênese dos explantes.

Referências

- GAMBORG, O. L.; MILLER, R. A.; OJIMA, K. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. **Experimental Cell Research**, v. 50, n. 1, p. 151-158, 1968.
- GAMBORG, O. L.; PHILLIPS, G. C. (ed.). **Plant cell, tissue and organ culture: fundamental methods**. Berlim: Springer, 2013. 359 p.
- KANAMORI, N.; MERTZ-HENNING, L. M.; MARIN, S. R. R.; SILVEIRA, C. A. da; MARINHO, J. P.; NEPOMUCENO, A. L. **Metodologia para transformação de soja via *Agrobacterium tumefaciens***. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 6 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 128).
- MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, v. 15, n. 3, p. 473-497, 1962.
- PHILLIPS, G. C.; GARDA, M. Plant tissue culture media and practices: an overview. **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, v. 55, p. 242-257, 2019.
- XAVIER, E. G.; LOPES, D. C. N.; PETERS, M. D. P. Organismos geneticamente modificados. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 224, p. 15-33, 2009.

Inativação do KTI1 em soja por CRISPR-Cas9: Quantificação da inibição da tripsina

Matheus Monteiro Quilici⁽¹⁾, Rodrigo Thibes Hoshino⁽²⁾, Angela Maria Vieira da Silva⁽³⁾, Liliane Marcia Mertz-Henning⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Centro Universitário Filadélfia (UNIFIL), Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Engenheiro-agrônomo, doutor, bolsista da Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento (FAPED), Londrina, PR. ⁽³⁾ Química, doutoranda em Biotecnologia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR. ⁽⁴⁾ Engenheira-agrônoma, doutora, pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

A soja (*Glycine max* Merril.) é uma leguminosa de importância global, sendo o Brasil o maior produtor mundial. Apresenta elevado valor nutricional, composta por aproximadamente 40% de proteína, 20% de óleo e 30% de carboidratos (Choi et al., 2022; Padalkar et al., 2023). O grão de soja é utilizado em diversas finalidades, porém, devido ao seu alto teor proteico tem sido utilizada principalmente na alimentação animal.

Apesar de seus benefícios, a soja contém fatores antinutricionais, substâncias que afetam a conversão alimentar por diminuem o valor nutritivo do grão, além de poder causar alterações metabólicas se consumidas sem tratamento adequado (Liener, 1994). Entre os fatores antinutricionais da soja, os inibidores de tripsina e as lectinas são os mais importantes, representando, respectivamente, cerca de 6% e 10% do total de proteína da soja (Wiederstein et al., 2023).

O inibidor de tripsina Kunitz (KTI) destaca-se como o principal inibidor de protease presente na soja, constituindo cerca de 2 a 6% da proteína total. O consumo de grãos ou farelo de soja não tratados pode afetar significativamente o crescimento e o metabolismo basal de animais monogástricos. O KTI atua inibindo a ação de enzimas proteolíticas, como a tripsina, essenciais para a hidrólise de proteínas em aminoácidos absorvíveis. Essa inibição pode resultar na diminuição do crescimento animal em 30-50% e induzir a hipertrofia e hiperplasia pancreática devido à hipersecreção de enzimas (Liener, 1994, 1995).

Historicamente, a inativação dos inibidores de tripsina é realizada por tratamento térmico a temperaturas elevadas (90,5°C - 100°C),

frequentemente com presença de NaOH (Chen et al., 2014). Apesar de o KTI ser suscetível ao calor, ele ainda requer tempo mínimo de inativação (Okedigba et al., 2023). Contudo, esse método, não inativa completamente todos os inibidores, encarece o processo de produção do farelo, diminui a qualidade e solubilidade das proteínas, além de aumentar o custo energético em até 25% (Chang et al., 1987). Diante dessas limitações, o melhoramento genético tradicional buscou cultivares com mutações naturais (PI157740 - *KTI3* e PI 68679 - *KTI1*) (Gillman et al., 2015). No entanto, a combinação dessas características por cruzamento e retrocruzamento é um processo demorado e pode introduzir características indesejáveis (Wang et al., 2022).

Nesse cenário, a edição genômica via CRISPR-Cas9 pode ser uma alternativa promissora. Essa tecnologia permite mutações direcionadas para inativar genes específicos, como os do *KTI*, diretamente no genoma da planta, superando as desvantagens do melhoramento convencional (Wang et al., 2022). Embora estudos recentes já tenham demonstrado o silenciamento de *KTI1* e *KTI3* em cultivares modelo, ainda há uma lacuna de pesquisa em cultivares elites.

O objetivo deste trabalho foi avaliar um genótipo de soja elite editado por CRISPR-Cas9, com a inativação do gene *KTI1*, e quantificar a participação do gene na inibição da atividade da tripsina.

Material e Métodos

O evento editado de soja utilizado neste estudo foi obtido no Laboratório de Biotecnologia Vegetal da Embrapa Soja e apresenta o gene *KTI 1* silenciado. A variedade empregada como *background* genético foi a BRS 573.

A análise da atividade do inibidor de tripsina foi realizada por espectrofotometria, seguindo uma adaptação do método de Kakade et al. (1974). Este método baseia-se na determinação da atividade da tripsina contra o substrato N-benzoil-DL-arginina p-nitroanilida (BAPA). A inibição da tripsina pelo extrato da amostra de soja é quantificada pela redução da formação do produto p-nitroanilina, que é medida por absorvância a 410 nm. Durante todo o experimento, foram utilizados tripsina bovina, N-benzoil-DL-arginina p-nitroanilida (BAPA), Tris base (hidroximetil) amino-metano, cloreto de cálcio di-hidratado e água deionizada.

Preparo de soluções reagentes

Solução de BAPA: 40 mg de N-benzoil-DL-arginina p-nitroanilida (BAPA) hidrocloreto foram dissolvidas em 1 mL de dimetilsulfóxido e diluídos para 100 mL com tampão Tris (0,05 M, pH 8,2) contendo 0,02 M CaCl_2 , pré-aquecido a 37 °C. A solução de BAPA foi preparada diariamente e mantida a 37 °C durante o uso.

Solução de Tripsina: 4 mg de tripsina bovina (cristalina, livre de sais), precisamente pesados, foram dissolvidos em 200 mL de HCl 0,001 M. A solução foi armazenada sob refrigeração.

Tampão Tris: 6,05 g de Tris-(hidroximetil)aminometano e 2,94 g de CaCl_2 foram dissolvidos em 900 mL de água. O pH foi ajustado para 8,2, e o volume completado para 1 litro com água.

Preparo e desengorduramento das amostras

Quarenta gramas das amostras de soja (cultivar BRS 573 e BRS 573 editada KO-KT11) foram moídas em moinho refrigerado e transferido para Erlenmeyers de 250 mL, aos quais foram adicionados 250 mL de hexano. Os frascos foram selados com parafilme e submetidos à agitação em agitador magnético, na velocidade mínima, por 15 horas à temperatura ambiente. Após o período de agitação, as amostras foram filtradas a vácuo, e a farinha desengordurada foi peneirada em malha de 100 mesh para separação de partículas.

Extração proteica

As extrações foram realizadas em triplicata. Um grama da farinha desengordurada de cada amostra foi pesado e transferido para Erlenmeyers de 125 mL, seguido da adição de 50 mL de solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,01 N. As suspensões foram mantidas sob agitação na velocidade mínima por 3 horas à temperatura ambiente. Posteriormente, o pH de cada suspensão foi ajustado para 9,2 utilizando HCl ou NaOH 1N. Em seguida, 2,0 mL da solução extraída foram pipetados para um balão volumétrico de 100 mL e o volume foi completado com água destilada, preparando a amostra para o ensaio.

Ensaio de inibição da tripsina in vitro

Reações foram preparadas em tubos de ensaio, sendo três para a amostra diluída da BRS 573, três para a BRS 573 editada, um tubo branco e um tubo padrão. Em cada tubo de amostra e padrão, adicio-

nou-se 2,0 mL da amostra diluída e 2,0 mL de solução de tripsina. As misturas foram agitadas e incubadas em banho-maria a 37 °C por 10 minutos. Após a incubação, 5,0 mL da solução de BAPA (previamente aquecida) foram adicionados. Os tubos foram novamente agitados e mantidos em banho-maria por mais 10 minutos.

Para interromper a reação, 1,0 mL de solução de ácido acético 30% foi adicionado a todos os tubos sob agitação. Simultaneamente, 2,0 mL de solução de tripsina foram adicionados apenas ao tubo branco. As amostras foram então filtradas utilizando papel de filtro Whatman nº 3, e o filtrado foi submetido à leitura da absorbância em espectrofotômetro, com comprimento de onda de 410 nm.

Cálculo da atividade do inibidor de tripsina

A atividade do inibidor de tripsina (TI) foi calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$\frac{mg\ TI}{g} = \frac{(Ab\ padrão - Ab\ amostra) \times 2500}{38 \times massa\ amostra}$$

Análise estatística

As diferenças nos níveis da atividade do KTI (mg/g) entre as amostras de soja (BRS 573 e BRS 573 editada) foram submetidas a análise de variância (ANOVA), teste t de Student, e os resultados apresentados por BoxPlot com 95% de intervalo de confiança. As análises foram realizadas utilizando o software RStudio.

Resultados e Discussão

Os resultados da análise de inibição da tripsina demonstraram que a edição genética da cultivar de soja BRS 573 resultou em uma redução significativa nos níveis da atividade do KTI. O material editado apresentou uma redução média de 9,71% na atividade de inibição em comparação com a cultivar não editada. Essa diferença foi estatisticamente significativa ($p < 0,0001$) confirmado pelas análises de variância (ANOVA) e teste t de Student.

A redução da atividade de inibição do KTI1 é claramente observada pelos gráficos de boxplot e de médias com intervalo de confiança (IC95%) (Figura 1). Os gráficos mostram uma clara separação entre os grupos, indicando que a inativação do gene KTI1 via CRISPR-Cas9 impactou diretamente na atividade dessa proteína. Adicionalmente

ao gene *KTI1*, estamos gerando eventos editados dessa mesma cultivar, com silenciamento do gene *KTI3*, que é responsável pela maior parte da atividade de inibição de tripsina em soja. Posteriormente essas mutações poderão ser incorporadas por meio de hibridação controlada para a geração de mutantes com duplo nocaute dos genes *KTI1* e *KTI3*.

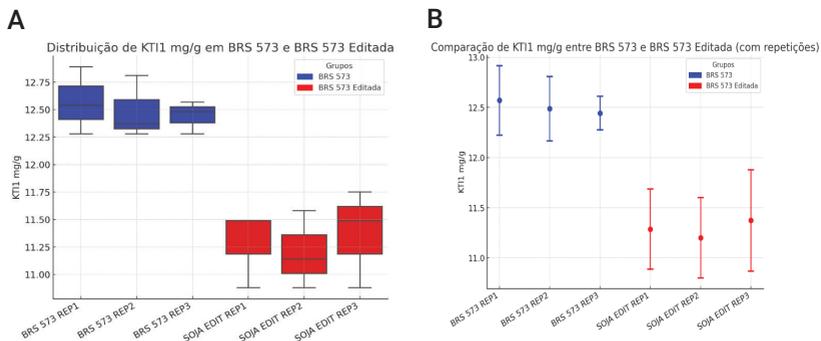


Figura 1. Comparação dos níveis da atividade do inibidor de tripsina KTI mg/g entre BRS 573 e BRS 573 Editada, em gráfico de caixa (boxplot) (A). Média dos valores para cada grupo, barras verticais indicam o intervalo de confiança de 95% (B).

Conclusão

A edição genômica por CRISPR-Cas9 inativou efetivamente o gene *KTI1* na soja, resultando em uma redução significativa na inibição da atividade da tripsina. Os resultados quantitativos validam a eficácia da edição para aprimorar o perfil nutricional da cultivar. Essa abordagem oferece um caminho promissor para o desenvolvimento de variedades de soja com maior valor nutricional para a alimentação animal.

Referências

- CHANG, C. J.; TANKSLEY JR, T. D.; KNABE, D. A.; ZEBROWSKA, T. Effects of different heat treatments during processing on nutrient digestibility of soybean meal in growing swine. **Journal of Animal Sciences**, v. 65, n. 5, p. 1273-1282, 1987.
- CHEN, Y.; XU, Z.; ZHANG, C.; KONG, X.; HUA, Y. Heat-induced inactivation mechanisms of Kunitz trypsin inhibitor and Bowman-Birk inhibitor in soy-milk processing. **Food Chemistry**, v. 154, p. 108-116, 2014.

CHOI, S. W.; LY, S.; LEE, J. H.; OH, H. S.; KYM, S. Y.; KIM, N. H.; CHUNG, J. I. Breeding of penta null soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] for five antinutritional and allergenic components of lipoxygenase, KTI, lectin, 7S α' subunit, and stachyose. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, article 910249, 2022.

GILLMAN, J. D.; KIM, W. S.; KRISHNAN, H. B. Identification of a new soybean Kunitz trypsin inhibitor mutation and its effect on Bowman-Birk protease inhibitor content in soybean seed. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 5, p. 1352-1359, 2015.

KAKADE, M. L.; RACKIS, J. J.; MCGHEE, E. J.; PUSKI, G. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: a collaborative investigation. **Cereal Chemistry**, v. 51, n. 3, p. 377-380, 1974.

LIENER, I. E. Implications of antinutritional components in soybean meal. **Animal Feed Science and Technology**, v. 48, n. 3-4, p. 199-209, 1994.

LIENER, I. E. Trypsin inhibitors and chymotrypsin inhibitors. In: LIENER, I. E. (ed.). **Toxic constituents of plant foodstuffs**. New York: Academic Press, 1995. p. 17-64.

OKEDIGBA, A. O.; ROSSO, M. L.; YU, D.; SHANG, C.; HUANG, H.; ZHANG, B.; CAPELLUTO, D. G. S. Comparative binding affinity analysis of soybean meal Bowman-Birk and Kunitz trypsin inhibitors in interactions with animal serine proteases. **ACS Food Science & Technology**, v. 3, n. 8, p. 1344-1352, 2023.

PADALKAR, G.; MANDLIK, R.; SUDHAKARAN, S.; VATS, S.; KUMAWAT, S.; KUMAR, V.; RANI, A.; RATNAPARKHE, M. B.; JADHAV, P.; BHAT, J. A.; DESHMUKH, R.; SHARMA, T. R.; SONAH, H. Necessity and challenges for exploration of nutritional potential of staple-food grade soybean. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 117, 105093, 2023.

WIEDERSTEIN, M.; BAUMGARTNER, S.; LAUTER, K. Soybean (*Glycine max*) allergens - A review on an outstanding plant food with allergenic potential. **ACS Food Science & Technology**, v. 3, n. 3, p. 363-378, 2023.

Inativação de lectina em soja por CRISPR-Cas9: Avaliação da hemaglutinação

Giovana Zanella Gusmão⁽¹⁾, Rodrigo Thibes Hoshino⁽²⁾, João Matheus Kafer⁽³⁾, Alexandre Lima Nepomuceno⁽⁴⁾, Liliâne Marcia Mertz-Henning⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Estudante de Biotecnologia, Universidade Estadual de Londrina, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Engenheiro-agrônomo, doutor, bolsista da Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento (FAPED), Londrina, PR. ⁽³⁾ Engenheiro-agrônomo, doutorando em Genética e Biologia Molecular, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR. ⁽⁴⁾ Engenheiro-agrônomo, doutor, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

A soja (*Glycine max* Merrill.) se destaca como uma das leguminosas mais importantes globalmente, reconhecida por seu elevado valor nutricional, que inclui aproximadamente 40% de proteína, 20% de óleo e 30% de carboidratos (George et al., 2008; Choi et al., 2022; Padalkar et al., 2023). Essa composição a torna fundamental para diversas utilizações industriais, desde a alimentícia e farmacêutica até a de bioenergia. Seu principal uso, no entanto, é na formulação de rações para alimentação animal, servindo como uma importante fonte proteica.

Apesar de seus benefícios nutricionais, a utilização da soja é limitada pela presença de fatores antinutricionais. Esses compostos, como o inibidor de tripsina de Kunitz (KTI), o ácido fítico, os oligossacarídeos da família da rafinose (RFOs) e, também, as aglutininas da soja (lectinas), afetam negativamente a digestibilidade e a absorção de nutrientes no trato gastrointestinal (Choi et al., 2022; Padalkar et al., 2023). A mitigação desses fatores é essencial para otimizar o uso da soja em dietas humanas e na nutrição animal.

As lectinas de soja, ou aglutininas, são glicoproteínas que, apesar de não possuírem atividade enzimática, são prejudiciais por sua capacidade de se ligar a carboidratos. Em plantas, as lectinas desempenham papéis variados, desde a sinalização em respostas a estresses bióticos e abióticos até a regulação de processos e defesa contra pragas (Coninck; Van Damme, 2021, 2022). No entanto, quando ingeridas por animais monogástricos, as lectinas ativas podem se ligar aos receptores glicanos da parede intestinal, resultando em alterações na morfologia do epitélio e na consequente redução da digestão e absorção de nutrientes (Moraes et al., 2006; George et

al., 2008), além de causar a aglutinação de eritrócitos sanguíneos (hemaglutinação).

A inativação desses fatores antinutricionais são feitas por meio de métodos de processamento, que visam melhorar o valor nutricional e a palatabilidade da soja, como aquecimento, torrefação e aplicação de alta pressão, entre outros, porém resultam no aumento dos custos. Atualmente, avanços na biotecnologia têm aberto novas perspectivas. A edição genômica, particularmente através da tecnologia CRISPR-Cas9, surge como uma alternativa para inativar genes específicos, como o da lectina, diretamente no genoma da planta. Essa abordagem permite desenvolver cultivares de soja com perfis nutricionais melhorados, promovendo maior digestibilidade, melhor aproveitamento nutricional das rações e redução nos custos de processamento, além de maior aceitação no mercado.

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a atividade de hemaglutinação das lectinas de um evento de soja editado por CRISPR-Cas9.

Material e Métodos

A coleta e o preparo do material foram realizados no laboratório LAMON, da Universidade Estadual de Londrina (UEL), o qual está equipado e certificado para trabalhos com amostras biológicas e resíduos contaminantes.

Preparo dos eritrócitos para o teste de hemaglutinação

O teste de hemaglutinação foi conduzido com adaptações do método de Adamcová et al. (2021). Inicialmente, utilizou-se sangue humano no tipo A, rico em carboidratos GalNac, essencial para a detecção da lectina. O sangue foi coletado de voluntários sob aprovação do comitê de ética e armazenado em tubos de coleta com citrato de sódio para evitar coagulação.

Para a obtenção dos eritrócitos, 2 mL de sangue humano foram centrifugados a 500 g por 5 minutos. As frações de linfócitos e plasma foram cuidadosamente removidas. Em seguida, as células foram lavadas três vezes com Solução Salina Tampão Fosfato (PBS 0,1%). Posteriormente, formou-se uma solução de eritrócitos a 2% em PBS. Essa solução foi então tratada com Tripsina (0,05% em PBS, preparada no momento do teste) e lavada novamente três vezes com PBS

para remover o excesso de Tripsina, preparando os eritrócitos para as diluições seriadas com as amostras.

Preparo e extração das amostras

As amostras de soja (genótipo AF12-13-1, ausente de lectina, e seu background BRS 537, cultivar não editada) e de feijão preto (controle positivo) foram moídas e armazenadas sob refrigeração até o uso. Para extrair a lectina solúvel, 5 g de cada amostra moída foram diluídas em 30 mL de PBS e submetidas à agitação a 250 RPM por 1 hora. As soluções foram então armazenadas sob refrigeração overnight.

Após a extração, 5 mL de cada extrato proteico foram centrifugados a 2850 g por 5 minutos. O sobrenadante foi recuperado e centrifugado novamente na mesma velocidade para garantir a remoção de partículas. Este extrato purificado foi utilizado para preparar as diluições seriadas.

Realização do teste de hemaglutinação

As amostras dos genótipos AF12-13-1 (AF), BRS 537 não editada (BRS) e feijão preto (FJ) foram submetidas a 10 diluições seriadas (1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64, 1/128, 1/256, 1/512 e 1/1024). As diluições foram distribuídas em placas de reação, em duplicata, na mesma proporção da solução de eritrócitos tratados com tripsina.

A reação de hemaglutinação foi observada visualmente, com o auxílio de estereomicroscópio e microscópio. A presença de lectinas ativas foi caracterizada pela deformação e aglutinação dos eritrócitos, que se apresentam com forma irregular. A ausência de lectina ativa foi observada pela precipitação dos eritrócitos no fundo da placa, formando um ponto compacto.

Resultados e Discussão

O teste de hemaglutinação demonstrou ser eficaz na discriminação qualitativa da atividade das lectinas entre os diferentes genótipos de soja e o controle. Três perfis distintos de aglutinação foram observados, conforme ilustrado na Figura 1.

O feijão preto (FJ), utilizado como controle positivo, exibiu a maior atividade hemaglutinante. A aglutinação foi prontamente detectada em todas as diluições testadas, inclusive na diluição mais alta (1/1024), confirmando a alta concentração de lectinas ativas nesta

amostra (Figura 1). Este achado está em conformidade com dados da literatura, que apontam o feijão preto como tendo uma atividade hemaglutinante oito vezes superior à da soja (Adamcová et al., 2021).

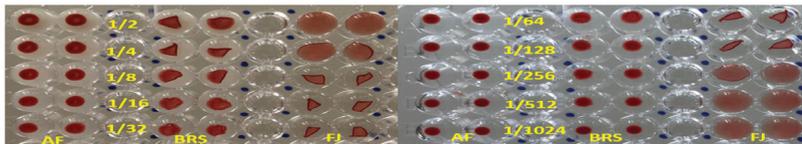


Figura 1. Hemaglutinação observada em teste de placa dos genótipos: editado - AF12-13-1 (AF), selvagem - BRS 537 não editada (BRS), e controle - feijão preto (FJ), em diluição seriada.

A comparação entre o genótipo de soja editado (AF12-13-1) e seu genótipo selvagem BRS 537 não editada (BRS) revelou o silenciamento efetivo do gene da lectina no genótipo editado, resultando em uma alteração fenotípica clara na atividade de hemaglutinação. Foram observadas diferenças entre os genótipos em praticamente todas as diluições, com exceção da diluição mais elevada (1/1024) (Figura 1). Observou-se que, mesmo na diluição de 1/512, onde a sedimentação dos eritrócitos apresentava similaridade em tamanho e coloração, o genótipo não editado BRS 537 (BRS) demonstrou irregularidades nas bordas dos precipitados, indicando alguma atividade residual da lectina. Em contraste, o genótipo AF12-13-1 não exibiu atividade aparente a partir da diluição 1/128 (Figura 2).

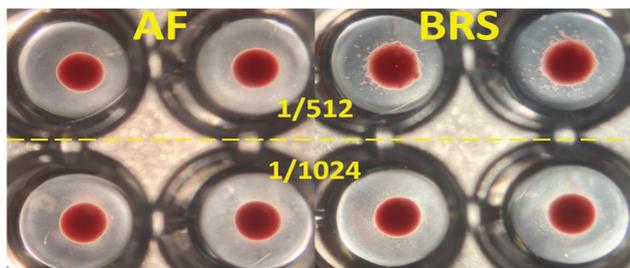


Figura 2. Detalhe da hemaglutinação observada nos genótipos: editado - AF12-13-1 (AF) e selvagem - BRS 537 não editada (BRS), nas maiores diluições. Bordas irregulares indicam lectinas ativas.

Além das observações macroscópicas em placas, a análise microscópica (400x) confirmou a ausência de aglutinação no genótipo editado AF12-13-1, onde os eritrócitos foram observados livres e dis-

persos. No genótipo BRS 537 não editada (BRS), por sua vez, foi possível identificar a formação de pequenos agregados de eritrócitos, reforçando a presença de lectinas ativas (Figura 3).



Figura 3. Microscopia dos eritrócitos na diluição 1/128 a 400x de ampliação: Eritrócitos livres no genótipo editado - AF12-13-1 (AF); formação de agregados no genótipo selvagem - BRS 537 não editada (BRS).

Conclusão

A edição genômica por CRISPR-Cas9 inativou efetivamente a lectina na soja. O método da hemaglutinação foi eficaz para demonstrar a ausência de atividade de lectina no genótipo editado. A aplicação da tecnologia CRISPR-Cas9 é viável para o desenvolvimento de cultivares de soja com perfil nutricional aprimorado.

Referências

- ADAMCOVÁ, A.; LAURSEN, K. H.; BALLIN, N. Z. Lectin activity in commonly consumed plant-based foods: Calling for method harmonization and risk assessment. **Foods**, v. 10, n. 11, 2796, 2021.
- CHOI, S. W.; LY, S.; LEE, J. H.; OH, H. S.; KYM, S. Y.; KIM, N. H.; CHUNG, J. I. Breeding of penta null soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] for five antinutritional and allergenic components of lipoxygenase, KTI, lectin, 7S α' subunit, and stachyose. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, article 910249, 2022.
- CONINCK, T. de; VAN DAMME, E. J. M. Plant lectins: Handymen at the cell surface. **The Cell Surface**, v. 8, 100091, 2022.
- CONINCK, T. de; VAN DAMME, E. J. M. Review: The multiple roles of plant lectins. **Plant Science**, v. 313, 111096, 2021.
- GEORGE, M. A.; BHIDE, S. V.; THENGANE, R. J.; HOSSEINI, G. H.; MANJAYA, J. G. Identification of low lectin mutants in soybean. **Plant Breeding**, v. 127, n. 2, p. 150-153, 2008.

MORAES, R. M. A. de; SOARES, T. C. B.; COLOMBO, L. R.; SALLA, M. F. S.; BARROS, J. G. de A.; PIOVESAN, N. D.; BARROS, E. G. de.; MOREIRA, M. A. Assisted selection by specific DNA markers for genetic elimination of the kunitz trypsin inhibitor and lectin in soybean seeds. **Euphytica**, v. 149, n. 1-2, p. 221-226, 2006.

PADALKAR, G.; MANDLIK, R.; SUDHAKARAN, S.; VATS, S.; KUMAWAT, S.; KUMAR, V.; RANI, A.; RATNAPARKHE, M. B.; JADHAV, P.; BHAT, J. A.; DESHMUKH, R.; SHARMA, T. R.; SONAH, H. Necessity and challenges for exploration of nutritional potential of staple-food grade soybean. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 117, 105093, 2023.

Potencial inseticida do óleo essencial “OE Embrapa” em *Anticarsia gemmatalis*, *Chrysodeixis includens* e *Spodoptera frugiperda*

Andressa Daniela Bastiansch⁽¹⁾, Gabriel Siqueira Carneiro⁽²⁾, Ana Paula da Silva Amaral Soares⁽³⁾, Isabel Roggia⁽⁴⁾, Adeney de Freitas Bueno⁽⁵⁾, Clara Beatriz Hoffmann-Campo⁽⁵⁾, Guilherme Julião Zocolo⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Estudante de Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Estudante de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, bolsista CNPq, Curitiba, PR. ⁽³⁾ Estudante de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, bolsista CNPq, Curitiba, PR. ⁽⁴⁾ Estudante de pós-doutorado, bolsista CNPq, Londrina, PR. ⁽⁵⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

Entre as principais culturas agrícolas do mundo, destacam-se o milho (*Zea mays L.*) e a soja (*Glycine max L.*), sendo esta última a mais cultivada no Brasil. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), para a safra 2024/2025, o Brasil estima produzir aproximadamente 168,3 milhões de toneladas de soja, em uma área de 47,6 milhões de hectares, com produtividade média de 3.536 kg/ha. Para o milho, a previsão é de 126,9 milhões de toneladas, em uma área de 21,3 milhões de hectares, com produtividade média de 6.583 kg/ha (Conab, 2025).

Apesar dos altos níveis de produtividade, as perdas estimadas devido à ação de insetos-praga podem alcançar de 36% a 50%. Entre os principais lepidópteros que atacam as culturas de milho e soja, destacam-se as lagartas *Anticarsia gemmatalis*, *Chrysodeixis includens* e *Spodoptera frugiperda* (Silva et al., 2007).

Anticarsia gemmatalis é encontrada predominantemente em regiões tropicais e subtropicais das Américas, atuando desde o período vegetativo até o final da floração, podendo causar desfolha completa em casos de infestações severas (Hoffmann-Campo et al., 2000; Sosa-Gómez, 2004; Panizzi, 2013). *Chrysodeixis includens*, conhecida como falsa-medideira, também ocorre nessas regiões, atacando as plantas desde os estágios iniciais de desenvolvimento. Sua alimentação intensa pode comprometer significativamente o crescimento e o rendimento das culturas (Bueno et al., 2011; Specht et al., 2015). Já *Spodoptera frugiperda* pode atacar em diferentes fases do desenvol-

vimento das plantas, ocasionando sérios prejuízos na produção de grãos, especialmente em culturas como o milho e o sorgo (Figueiredo et al., 2006; Mendes et al., 2011).

Atualmente, a principal estratégia para o manejo de pragas nas culturas de soja e milho é a aplicação de inseticidas sintéticos. Apesar da eficácia desses produtos, o uso frequente pode acarretar o acúmulo de resíduos tóxicos nos alimentos e no meio ambiente, além de favorecer o desenvolvimento de resistência por parte dos insetos (Campos et al., 2014; Mota-Sanchez; Wise, 2025).

Nesse contexto, o uso de óleos essenciais (OE) extraídos de plantas não hospedeiras surge como uma alternativa promissora aos inseticidas sintéticos, devido às suas propriedades repelentes e tóxicas contra insetos e pragas agrícolas. Esses compostos naturais apresentam potencial inseticida, contribuindo para a redução da dependência de produtos químicos sintéticos, que podem ser prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana. No Brasil, a grande diversidade de espécies vegetais disponíveis oferece um vasto campo para a descoberta de novos inseticidas botânicos, cujos subprodutos podem ser aplicados de diferentes formas no manejo de pragas (Regnault-Roger, 1997; Correa; Salgado, 2011; Isman, 2020).

Considerando o potencial inseticida dos OE e a demanda por métodos de controle de insetos-praga com baixo impacto ambiental, este estudo tem como objetivo caracterizar os compostos presentes no óleo essencial denominado “OE Embrapa” e avaliar sua eficácia inseticida por meio da mortalidade das lagartas *A. gemmatalis*, *C. includens* e *S. frugiperda*.

Material e Métodos

Os experimentos foram realizados nos Laboratórios de Entomologia e Ecologia Química da Embrapa Soja, na cidade de Londrina, Paraná.

Aquisição do óleo essencial

O óleo essencial utilizado nos bioensaios, denominado de “OE Embrapa”, foi adquirido comercialmente. Parte dos dados científicos obtidos foi preservada por fazer parte de um trabalho maior envolvendo a Embrapa e uma empresa parceira da iniciativa privada.

Criação das Lagartas

As lagartas das espécies utilizadas nos bioensaios foram obtidas a partir de criações mantidas no Laboratório de Entomologia da Embrapa Soja, em Londrina, PR. As lagartas foram mantidas em condições controladas de temperatura (27 ± 2 °C) e fotoperíodo de 14/10 h (Luz/Escuro). Durante a fase larval, foram alimentadas com dieta artificial à base de feijão, conforme método desenvolvido por Kasten Junior et al. (1978), até atingirem a fase de pupa. Após a emergência, os casais foram separados e transferidos para gaiolas de acasalamento e oviposição (45 x 33 x 35 cm), forradas internamente com papel sulfite, que serviu como substrato para a oviposição das mariposas. Para *S. frugiperda*, foi oferecida uma solução de água (90%) e mel (10%) como alimento, enquanto para *A. gemmatalis* e *C. includens* utilizou-se uma solução composta por cerveja (40%) e vitaminas (60%). Esses alimentos líquidos foram colocados sobre algodão em placas de Petri (9,0 x 1,5 cm) e trocados diariamente para evitar contaminação. As posturas de ovos depositadas no papel foram coletadas diariamente das gaiolas e mantidas em copos plásticos contendo dieta artificial até a fase larval, quando foram utilizadas nos experimentos.

Preparação das soluções e bioensaios de aplicação tópica

Para a aplicação tópica, foram preparadas soluções do óleo essencial diluído em acetona nas concentrações de 150, 300, 450, 600 e 750 µg/µL. Lagartas em terceiro ínstar foram distribuídas em placas de Petri, em grupos de 12, até totalizar 48 indivíduos por tratamento. A cada lagarta foi aplicado 1 µL da solução correspondente na região do metatórax. Após a aplicação, os insetos foram individualizados em placas de Elisa de 24 poços contendo dieta artificial, a fim de evitar fagoinibição, e mantidos em câmara B.O.D. sob temperatura e umidade controladas (25 °C e 70% de umidade relativa) durante o período de avaliação. Como controles experimentais, foram utilizados água e acetona.

A mortalidade das lagartas foi avaliada em intervalos de 24, 48 e 72 horas após a aplicação. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística por meio de ANOVA, seguida pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando os programas GraphPad Prism 10 e RStudio 4.0.0.

Resultados e Discussão

No presente estudo foi avaliada a atividade do “OE Embrapa” sobre a *A. gemmatilis* (Figura 1), *C. includens* (Figura 2) e *S. frugiperda* (Figura 3) por meio de aplicação tópica.

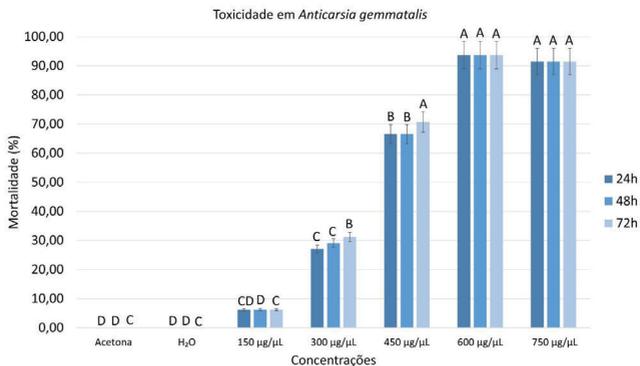


Figura 1. Resultados de mortalidade de *A. gemmatilis* nos tempos de 24, 38 e 72h.

Para *A. gemmatilis*, as menores concentrações não resultaram em mortalidade significativa. Entretanto, a partir de 450 µg/µL, observou-se aumento expressivo na mortalidade, ultrapassando 65% nas primeiras 24 horas e alcançando aproximadamente 94% na concentração de 600 µg/µL no mesmo intervalo de tempo. Conforme evidenciado na Figura 1, não houve diferença estatística entre as concentrações de 600 µg/µL e 750 µg/µL em todos os períodos avaliados.

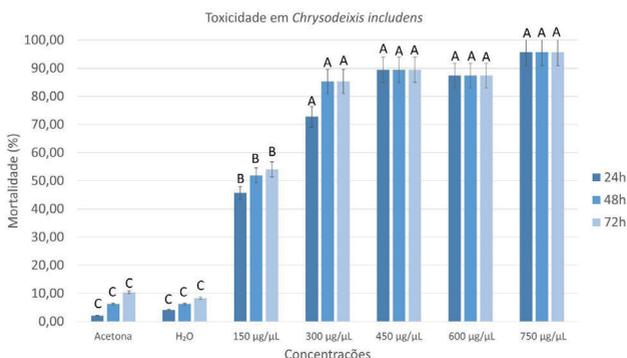


Figura 2. Resultados de mortalidade de *C. includens* nos tempos de 24, 38 e 72h.

Para *C. includens*, a menor concentração testada resultou em mortalidade de aproximadamente 54%. A partir da concentração de 300 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$, não foram observadas diferenças estatísticas em relação às concentrações superiores, independentemente do tempo de avaliação. A concentração de 750 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ foi a que apresentou a maior taxa de mortalidade, atingindo cerca de 96%.

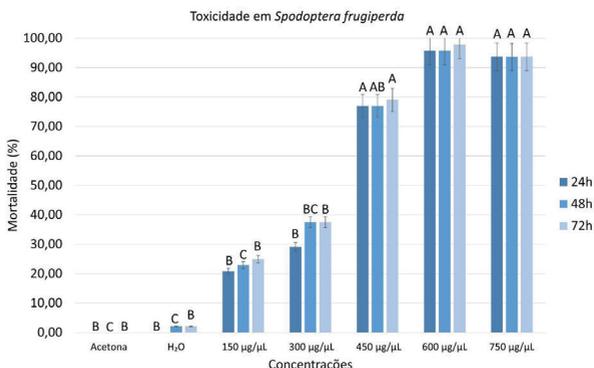


Figura 3. Resultados de mortalidade de *S. frugiperda* nos tempos de 24, 38 e 72h.

Para *S. frugiperda*, a menor concentração resultou em mortalidade de aproximadamente 25%, enquanto na concentração de 300 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ a mortalidade foi de 38%. A partir de 600 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$, as taxas de mortalidade superaram 90% em todos os períodos avaliados. Ademais, não foram observadas diferenças estatísticas entre as concentrações de 450 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ e as concentrações superiores, independentemente do tempo de avaliação.

A atividade inseticida do OE por aplicação tópica está associada à sua permeabilidade cuticular, permitindo a difusão dos compostos bioativos através do tegumento e sua posterior atuação no sistema nervoso central dos insetos, mecanismo característico de diversos inseticidas botânicos (Correa; Salgado, 2011). Evidências apontam que esses metabólitos secundários atuam como inibidores da acetilcolinesterase (AChE), enzima responsável pela hidrólise da acetilcolina (ACh) na fenda sináptica. A inibição da AChE promove o acúmulo de ACh, resultando em hiperestimulação dos receptores colinérgicos, falhas na transmissão sináptica e, conseqüentemente, morte do inseto por colapso neurológico (Qiao et al., 2014).

Conclusão

Os resultados obtidos evidenciam que o óleo essencial “OE Embrapa” apresenta elevado potencial inseticida frente às espécies *Anticarsia gemmatalis*, *Chrysodeixis includens* e *Spodoptera frugiperda*, com índices de mortalidade superiores a 90% nas maiores concentrações avaliadas. O desempenho observado indica que os compostos bioativos presentes no óleo atuam de forma eficaz no controle dessas pragas. Diante dos resultados, o “OE Embrapa” surge como uma alternativa promissora aos inseticidas sintéticos, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis no manejo integrado de pragas. No entanto, para sua efetiva aplicação em sistemas produtivos, são necessários estudos adicionais em condições de campo, visando validar sua eficácia, estabilidade, segurança ambiental e viabilidade operacional.

Referências

- BUENO, R. C. O. de F.; BUENO, A. de F.; MOSCARDI, F.; PARRA, J. R. P. Lepidopteran larva consumption of soybean foliage: basis for developing multiple-species economic thresholds for pest management decisions. **Pest Management Science**, v. 67, n. 2, p. 170-174, 2011.
- CAMPOS, A. C. T. de; RADUNZ, L. L.; RADUNZ, A. L.; MOSSI, A. J.; DIONELLO, R. G.; ECKER, S. L. Atividade repelente e inseticida do óleo essencial de carqueja doce sobre o caruncho do feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 861-865, 2014. DOI:10.1590/1807-1929/agriambi.v18n08p861-865.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, safra 2024/25**, v. 12, n. 8 - oitavo levantamento, maio 2025. Brasília, DF, 2025. 119 p. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/8o-levantamento-safra-2024-25/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 05 jun. 2025.
- CORREA, J. C. R.; SALGADO, H. R. N. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 4, p. 500-506, 2011.
- FIGUEIREDO, M. de L. C.; MARTINS-DIAS, A. M. P.; CRUZ, I. Associação entre inimigos naturais e *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 3, p. 340-350, 2006.
- HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; CORREA-FERREIRA, B. S.; OLIVEIRA, L. J.; SOSA-GOMEZ, D. R.; PANIZZLI, A. R.; CORSO, I. C.; GAZZONI,

D. L.; OLIVEIRA, E. B. de. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 70 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 30).

ISMAN, M. B. Botanical insecticides in the twenty-first century - fulfilling their promise? **Annual Review of Entomology**, v. 65, n. 1, p. 233-249, 2020.

KASTEN JUNIOR, P.; PRECETTI, A. A. C. M.; PARRA, J. R. P. Dados biológicos comparativos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) em duas dietas artificiais e substrato natural. *Revista de Agricultura*, v. 53, p. 69-78, 1978.

MENDES, S. M.; BOREGAS, K. G. B.; LOPES, M. E.; WAQUIL, M. S.; WAQUIL, J. M. Respostas da lagarta-do-cartucho a milho geneticamente modificado expressando a toxina Cry 1A(b). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 3, p. 239-244, 2011.

MOTA-SANCHEZ, D.; WISE, J. C. **The arthropod pesticide resistance database**. East Lansing: Michigan State University, 2025. Disponível em: <http://www.pesticideresistance.org>. Acesso em: 05 jun. 2025.

PANIZZI, A. R. History and contemporary perspectives of the integrated pest management of soybean in Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 42, n. 2, p. 119-127, 2013.

QIAO, J.; ZOU, X.; LAI, D.; YAN, Y.; WANG, Q.; LI, W.; DENG, S.; XU, H.; GU, H. Azadirachtin blocks the calcium channel and modulates the cholinergic miniature synaptic current in the central nervous system of *Drosophila*. **Pest Management Science**, v. 70, n. 7, p. 1041-1047, 2014. DOI: 10.1002/ps.3644.

REGNAULT-ROGER, C. The potential of botanical essential oils for insect pest control. **Integrated Pest Management Reviews**, v. 2, p. 25-34, 1997.

SILVA, P. H. da; TRIVELIN, P. C. O.; GUIRADO, N.; AMBROSANO, E. J.; MENDES, P. C. D.; ROSS, F.; ARÉVALO, R. A. Controle alternativo de *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Col.: Curculionidae) em grãos de milho. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 1, p. 902-905, 2007.

SOSA-GÓMEZ, D. R. Intraspecific variation and population structure of the velvetbean caterpillar, *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). **Genetics and Molecular Biology**, v. 27, n. 3, p. 378-384, 2004.

SPECHT, A.; PAULA-MORAES, S. V.; SOSA-GÓMEZ, D. R. Host plants of *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae: Plusiinae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 59, n. 4, p. 343-345, 2015.

Toxicidade de um bioinseticida comercial para *Rachiplusia nu* (Guenée, 1852) (Lepidoptera: Noctuidae) e sua seletividade para *Trichogramma pretiosum* (Riley, 1879) (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

Nicole de Oliveira Vilas Boas⁽¹⁾, Gabriel Siqueira Carneiro⁽²⁾, Taynara Cruz dos Santos⁽³⁾, Rafael Stempniak Iasczczaki⁽⁴⁾, Letícia Carolina Chiampi Munhoz⁽⁵⁾, Geraldo Matheus de Lara Alves⁽⁵⁾, Isabel Roggia⁽⁶⁾, Adeney de Freitas Bueno⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Estadual do Norte do Paraná, bolsista Faped/ Embrapa, Bandeirantes, PR. ⁽²⁾ Biólogo, doutorando em Entomologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. ⁽³⁾ Engenheira-agrônoma, doutoranda em Entomologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. ⁽⁴⁾ Biólogo, doutorando em Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. ⁽⁵⁾ Engenheiro-agrônomo, mestrando em Proteção de Plantas, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR. ⁽⁶⁾ Farmacêutica, doutora, bolsista Funarbe/ Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽⁷⁾ Engenheiro-agrônomo, doutor, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

Rachiplusia nu (Greece, 1852) (Lepidoptera: Noctuidae) é uma praga polifágica do sul da América do Sul (Barbut, 2008), presente em 56 espécies de vegetais (Luz et al., 2014; Alves et al., 2024). É considerada praga-chave da cultura da soja na Argentina (Specht et al., 2019) e secundária no Brasil (Horikoshi et al., 2021). Contudo, após a ampla adoção da soja Bt (Cry1Ac) no Brasil, aumentou a pressão de seleção, favorecendo populações resistentes de *R. nu*, que passaram a causar desfolhas significativas à cultura (Horikoshi et al., 2021; Reis et al., 2025). Esse cenário levou ao retorno e intensificação do uso de inseticidas químicos (Bueno et al., 2021) gerando preocupações quanto aos impactos ambientais, à saúde humana e à redução de inimigos naturais (Torres; Bueno, 2018; Gong et al., 2023). Diante disso, alternativas sustentáveis, como o controle biológico aumentativo (Van Lenteren et al., 2018) e o uso de inseticidas botânicos (Isman, 2020), têm se destacado por apresentarem boa eficácia e menores riscos ambientais.

No manejo biológico de pragas lepidópteras na cultura da soja, especialmente dentro do controle biológico aumentativo (CBA), os parasitoides de ovos do gênero *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) são amplamente utilizados (Parra; Coelho Junior,

2019). Dentre eles, destaca-se *Trichogramma pretiosum* (Riley, 1879), espécie disponível comercialmente e altamente eficiente no parasitismo de ovos de *Rachiplusia nu* (Bueno et al., 2024).

Entre os inseticidas de origem botânica, destacam-se os extratos de *Sophora flavescens* (Leguminosae), que possuem diversos alcaloides hidrossolúveis, dentre eles a oximatrina, cuja atividade inseticida foi comprovada por Isman (2023). Esse alcaloide atua no sistema nervoso e no processo de muda de insetos, além de apresentar outros efeitos subletais. O bioinseticida comercial Matrine, à base dessa planta, é indicado para pragas como *Anticarsia gemmatalis* e *Bemisia tabaci* (Agrofit, 2003) e, assim, é de grande importância para o manejo sustentável de pragas na soja (Medo; Marcic, 2013; Andrade et al., 2019; Sun et al., 2023). Dessa forma, experimentos foram realizados com o objetivo de avaliar o efeito da interação de Matrine no controle de *R. nu* e sua seletividade ao parasitoide *T. pretiosum*.

Material e Métodos

Colônias de insetos

Colônias de *R. nu* foram estabelecidas com lagartas coletadas em soja Cry1Ac na Embrapa Soja, Londrina, PR, mantidas em condições controladas ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR, 14 h L:10 h E) e alimentadas com dieta artificial (Greene et al., 1976, modificada por Hoffmann-Campo et al., 1985). Adultos foram mantidos em gaiolas artificiais (32×45×30 cm) (Criartshop, Londrina, Brasil) e alimentados de levadura de cerveja (40%), sendo as paredes internas das gaiolas revestidas com papel sulfite (Chamex®, Mogi-Guaçu, São Paulo, Brasil). Ovos depositados foram coletados para serem utilizados na renovação das colônias.

Toxicidade de *R. nu* ao Matrine®

O bioinseticida Matrine® (extrato etanólico de *S. flavescens*) foi aplicado em lagartas de *R. nu* no 3º instar em câmara climática ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR, 14:10 h L: escuro) em oito doses (0; 0,2; 0,6; 1,0; 1,4; 1,8; 2,2 ml p.c./ha e controle positivo com Orthene®) via Torre de pulverização Potter (Burkard Manufacturing Co Ltd, Hertfordshire County, Inglaterra), ajustada para uma pressão de 1,8 kgf/cm². Após a pulverização, as lagartas foram deixadas para secar por aproximadamente 10 minutos e, em seguida, transferidas para placas de ELISA, sendo uma lagarta por célula, contendo dieta artificial e mantidas

nas mesmas condições das câmaras climáticas previamente descritas. A mortalidade foi avaliada em 24, 48 e 72 horas pós-aplicação.

Impacto na exposição de pupas de *T. pretiosum*

Seguindo protocolos do IOBC, cartões com ovos hospedeiros parasitados por fêmeas (24-48h) foram expostos à pulverizações. Após secagem, pupas foram mantidas até emergência para a avaliação de parasitismo e emergência do progenitor. a 1, 2 e 3 dias após emergência. Após a emergência dos adultos, placas contaminadas com Matrine® foram colocadas na câmara fechada para que houvesse contato do parasitoide. Após 3 a exposição, e a contaminação do parasitoide, ovos frescos foram ofertados para que o parasitismo fosse realizado ou não.

Análise estatística

Os efeitos sobre mortalidade de *R. nu* foram analisados por Tukey ($p < 0,05$). Para *T. pretiosum*, usou-se ANOVA (Shapiro-Wilk, Levene) com Tukey e correção Bonferroni, em violação de pressupostos, Kruskal-Wallis com teste de Dunn ($p \leq 0,05$). Análises foram realizadas utilizando os softwares R e Agro R Fisher 4.0.0.

Resultados e Discussão

O bioinsetida mostrou efeito letal para *R. nu* em todas as doses, com mais de 60% e 80% de mortalidade a 48 h e a 72 h, respectivamente, mesmo quando se aplicou a menor dose (0,2 mL). Orthe-ne® alcançou 100% de mortalidade já às 24 h (Tabela 1). O controle apenas com água manteve mortalidade menor que 10%. Não houve diferença significativa na emergência de adultos de *T. pretiosum* entre tratamentos, exceto 2,2 mL e 1,4 mL. Nas doses mais baixas (0,2 e 0,6 mL) observou-se maiores taxas de parasitismo (24 e 48 h) comparadas ao controle químico em altas doses, a viabilidade de progênie foi similar entre tratamentos, apresentando apenas pequenas variações. Resíduos secos de 0,2 mL p.c/ha proporcionaram parasitismo semelhante ao controle com água até 72 h. Doses mais elevadas reduziram parasitismo e viabilidade de progênie progressivamente (Tabela 2)

Os resultados confirmam o potencial do Matrine® como alternativa aos inseticidas químicos para controle de *R. nu*, que apresentou efeito rápido ($\geq 80\%$ em 24 h) e seletividade a *T. pretiosum* em baixas doses (Tabela 2). O uso responsável contribui para o MIP mais sus-

tentável, mas estudos de campo e avaliações de impactos em outros inimigos naturais são necessários.

Os resultados deste estudo demonstraram que o bioinseticida à base de *Sophora flavescens* (Matrine®) apresenta elevada eficiência no controle de *R. nu*, alcançando mortalidade superior a 80% em até 72 horas, mesmo nas menores doses testadas. Além disso, mostrou-se seletivo ao parasitoide *Trichogramma pretiosum* quando utilizado em doses reduzidas, mantendo altas taxas de parasitismo e viabilidade da progênie. Esses achados reforçam o potencial do Matrine® como uma ferramenta promissora no manejo integrado de pragas (MIP) da soja, oferecendo uma alternativa eficaz e ambientalmente mais segura em relação aos inseticidas químicos convencionais. No entanto, para assegurar sua adoção em larga escala, são fundamentais estudos complementares em condições de campo, bem como a avaliação de seus efeitos sobre outros inimigos naturais e sobre a dinâmica das populações de pragas.

Tabela 1. Mortalidade de lagartas de *Rachiplusia nu* (aplicação tópica) em diferentes tempos de avaliação para bioinseticida à base de *Sophora flavescens*.

Tratamento (mL/150L H ₂ O)	24 horas	48 horas	72 horas
Água	0.7 ± 0.8 d	2.3 ± 0.8 c	2.3 ± 0.0 c
Orthene®	24.0 ± 0.0 a	24.0 ± 0.0 a	24.0 ± 0.0 a
2.2 Matrine®	23.0 ± 4.2 a	23.3 ± 1.6 a	24.0 ± 0.0 a
1.8 Matrine®	24.0 ± 0.0 a	24.0 ± 0.0 a	24.0 ± 0.0 a
1.4 Matrine®	15.6 ± 2.1 b	21.3 ± 0.8 a	24.0 ± 0.0 a
1.0 Matrine®	22.3 ± 2.1 a	22.6 ± 1.6 a	23.6 ± 0.8 a
0.6 Matrine®	19.3 ± 3.4 ab	22.0 ± 2.4 a	23.6 ± 0.8 a
0.2 Matrine®	8.6 ± 5.7 c	15.3 ± 2.1 b	21.3 ± 2.8 b
F	58.43	153.01	256.28
P	0	0	0
DF _{resíduo}	7	7	7

Médias ± Erro Padrão (EP) em cada coluna para *R. nu* seguidas pela mesma letra não diferiram entre si, de acordo com o teste de Tukey (nível de probabilidade de 5%).

Tabela 2. Classificação da seletividade de inseticidas para *Trichogramma pretiosum* de acordo com a Organização Internacional de Controle Biológico (IOBC) em diferentes bioensaios, e 1, 2 e 3 dias após emergência (DAE) dos adultos, e 1, 2 e 3 dias após pulverização (DAP).

Tratamento (ml/150 L H ₂ O)	Bioensaios com pupas						Bioensaios com adultos							
	Pupas pulverizadas		24 h		48 h		72 h		24 h		48 h		72 h	
	EP ^a	C ^b	E ^b	C ^c	E ^b	C ^c	E ^b	C ^c	E ^b	C ^c	E ^b	C ^c	E ^b	C ^c
Orthene®	19.9	1	6.51	1	39.3	2	47.4	2	44.3	2	53.8	2	79.3	2
2.2 Matrine®	0.36	1	8.66	1	22.1	1	55.2	2	27.3	1	32.3	2	100.0	4
1.8 Matrine®	2.45	1	2.53	1	11.0	1	63.5	2	70.6	2	92.3	3	97.0	3
1.4 Matrine®	0	1	0	1	8.26	1	0	1	30.1	2	48.3	2	93.4	3
1.0 Matrine®	9.83	1	0	1	3.7	1	0	1	26.2	1	41.4	2	73.3	2
0.6 Matrine®	0.84	1	0	1	11.9	1	36.8	2	31.5	2	31.3	2	86.5	3
0.2 Matrine®	4.23	1	0	1	0	1	0	1	17.4	1	27.6	1	91.2	3

aEP (Efeitos sobre pupas %) = (1 - emergência de adultos observada no tratamento testado/emergência de adultos observada no tratamento controle) × 100; bClasses: 1 = inofensivo (EP ou E < 30%), 2 levemente nocivo (30 ≤ EP ou E ≤ 79%), 3 = moderadamente nocivo (80 ≤ EP ou E ≤ 99%), 4 = nocivo (EP ou E > 99%); cE(Efeitos sobre adultos %) = (1 - parasitismo observado no tratamento testado/ parasitismo observado no tratamento controle) × 100.

Conclusão

A integração de bioinseticidas como agentes de controle biológico, como *T. pretiosum*, representa uma estratégia viável e sustentável para a redução da pressão de seleção por resistência e dos impactos negativos ao meio ambiente, contribuindo significativamente para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

Referências

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasília, DF: MAPA, c2003. Disponível em: agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons/. Acesso em: 7 jan. 2025.

ALVES, J. S.; PASQUALOTTO, L.; SOARES, V. N.; SOUZA, M. T.; SOUZA, M. T.; RAKES, M.; HORIKOSHI, R. J.; MIRALDO, L. L.; OVEJERO, R. L. F.; BERGER, G. U.; BERNARDI, D. Life table study of *Rachiplusia* nu (Lepidoptera: Noctuidae) on different food sources and artificial diet. **Journal of Economic Entomology**, v. 117, n. 5, p. 2135-2142, 2024. DOI: 10.1093/jee/toae200.

- ANDRADE, D. J.; RIBEIRO, E. B.; MORAIS, M. R.; ZANARDI, O. Z. Bioactivity of an oxymatrine-based commercial formulation against *Brevipalpus yothersi* Baker and its effects on predatory mites in citrus groves. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 176, p. 339-345, 2019. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2019.03.118.
- BARBUT, J. Révision du genre *Rachiplusia* Hampson, 1913 (Lepidoptera, Noctuidae, Plusiinae). **Bulletin de la Société Entomologique de France**, v. 113, n. 4, p. 445-452, 2008.
- BUENO, A. de F.; PANIZZI, A. R.; HUNT, T. E.; DOURADO, P. M.; PITTA, R. M.; GONÇALVES, J. Challenges for adoption of Integrated Pest Management (IPM): the soybean example. **Neotropical Entomology**, v. 50, p. 5-20, 2021.
- BUENO, A. de F.; SUTIL, W. P.; CINGOLANI, M. F.; COLMENAREZ, Y. C. Using egg parasitoids to manage caterpillars in soybean and maize: benefits, challenges, and major recommendations. **Insects**, v. 15, n. 11, 869, 2024.
- GONG, Y.; LI, T.; HUSSAIN, A.; XIA, X.; SHANG, Q.; ALI, A. The side effects of insecticides on insects and the adaptation mechanisms of insects to insecticides. **Frontiers in Physiology**, v. 14, 1287219, 2023. DOI: 10.3389/fphys.2023.1287219.
- GREENE, G. L.; LEPPLA, N. C.; DICKERSON, W. A. Velvetbean caterpillar: A rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, v. 69, n. 4, p. 487-488, 1976. DOI: /10.1093/jee/69.4.487.
- HOFFMANN-CAMPO, C. B.; OLIVEIRA, E. B. de; MOSCARDI, F. **Criação massal da lagarta da soja (*Anticarsia gemmatalis*)**. Londrina: EMBRAPA-CNP-SO, 1985. 23 p. (EMBRAPA-CNP-SO. Documentos, 10).
- HORIKOSHI, R. J.; DOURADO, P. M.; BERGER, G. U.; FERNANDES, D. S.; OMOTO, C.; WILLSE, A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; CORRÊA, A. S. Large-scale assessment of lepidopteran soybean pests and efficacy of Cry1Ac soybean in Brazil. **Scientific Reports**, v. 11, 15956, 2021. DOI: 10.1038/s41598-021-95483-9.
- ISMAN, M. B. Botanical insecticides in the twenty-first century fulfilling their promise? **Annual Review of Entomology**, v. 65, p. 233-249, 2020. DOI: 10.1146/annurev-ento-011019-025010.
- ISMAN, M. B. Commercialization and regulation of botanical biopesticides: a global perspective. In: KOUL, O. (ed.). **Development and Commercialization of Biopesticides**. New York: Academic Press, 2023. p. 25-36.
- LUZ, P. M. C.; AZEVEDO FILHO, W. S.; SPECHT, A. Caracterização morfológica dos estágios imaturos de *Rachiplusia nu* (Guenée, 1852) (Lepidoptera: Noctuidae: Plusiinae) e lista de plantas hospedeiras. **Caderno de Pesquisa**, v. 26, n. 3, p. 65-76, 2014.

MEDO, I. S.; MARCIC, D. S. The effects of Kingbo biopesticide on *Tetranychus urticae* Koch female adults. **Pesticidi i fitomedicina**, v. 28, n. 3, p. 195-202, 2013. DOI: 10.2298/PIF1303195M.

PARRA, J. R. P.; COELHO JUNIOR, A.; Applied biological control in Brazil: from laboratory assays to field application. **Journal of Insect Science**, v. 19, n. 2, p. 1-6, 2019. DOI: 10.1093/jisesa/iey112.

REIS, A. C.; STEINHAUS, E. A.; GODOY, D. N.; WARPECHOWSKI, L. F.; DINIZ, L. H. M.; DALLANORA, A.; HORIKOSHI, R. J.; OVEJERO, R. F. L.; MARTINELLI, S.; BERGER, G. U.; HEAD, G. P.; DOURADO, P. M.; BERNARDI, O. Genetic basis of resistance to Cry1Ac in *Rachiplusia nu* (Lepidoptera: noctuidae). **Pest Management Science**, v. 81, n. 2, p. 727-735, 2025. DOI: 10.1002/ps.8475.

SPECHT, A.; SÓSA-GOMEZ, D. R.; ROQUE-SPECHT, V. F.; VALDUGA, E.; GONZATTI, F.; SCHUH, S. M.; CARNEIRO, E. Biotic potential and life tables of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae), *Rachiplusia nu*, and *Trichoplusia ni* on soybean and forage turnip. **Journal of Insect Science**, v. 19, n. 4, 2019. 8 p.

SUN, H.; BAI, J.; SUN, Y.; ZHEN, D.; FU, D.; WANG, Y.; WEI, C. Oxymatrine attenuated isoproterenol-induced heart failure via the TLR4/NF- κ B and MAPK pathways in vivo and in vitro. **European Journal of Pharmacology**, v. 941, 175500, 2023. DOI: 10.1016/j.ejphar.2023.175500.

TORRES, J. B.; BUENO, A. de F. Conservation biological control using selective insecticides: a valuable tool for IPM. **Biological Control**, v. 126, p. 53-64, 2018. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2018.07.012.

VAN LENTEREN, J. C.; BOLCKMANS, K.; KÖHL, J.; RAVENSBERG, W. J.; URBANEJA, A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, v. 63, p. 39-59, 2018. DOI: 10.1007/s10526-017-9801-4.

Perfil metabólico de seivas de plantas de soja com e sem sintomas de encarquilhamento foliar

João Pedro Elias de Almeida⁽¹⁾, Isabely dos Santos Amadeu⁽²⁾, Guilherme Julião Zocolo⁽³⁾, Clara Beatriz Hoffmann-Campo⁽³⁾

⁽¹⁾ Estudante de Ciências Biológicas, Instituto Federal do Paraná, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Química, mestranda em Química Analítica, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR. ⁽³⁾ Pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

A soja *Glycine max* (L.) Merrill, cultura globalmente relevante e de grande importância econômica para o Brasil, enfrenta diversos problemas que acarretam redução da sua produtividade. Nesses podemos incluir o encarquilhamento foliar, cujas causas ainda não foram esclarecidas. Os sintomas são caracterizados por enrugamento do limbo foliar entre as nervuras secundárias com alteração no formato da borda da folha e clorose foliar, associada a desequilíbrios metabólicos e interações no ambiente radicular (Cerezini et al., 2013; Neumaier et al., 2023a).

O encarquilhamento, comumente detectado a partir do estágio fenológico V2 da soja (Fehr; Caviness, 1977), pode desaparecer em estádios subsequentes, persistir até o florescimento ou mesmo se prolongar até o final do ciclo da cultura (Neumaier et al., 2023b). Ainda, segundo os autores a expressão dos sintomas nos talhões de produção não segue um padrão definido, manifestando-se, na maioria dos casos, em reboleiras de dimensões variáveis, maior frequência da desordem em áreas mais baixas dos talhões, sendo que a magnitude da área afetada pode variar entre safras. Em plantas sintomáticas, observam-se alterações na seiva bruta (xilema) e elaborada (floema), como excesso de Mn, deficiência de K e desregulação de Ca e Mg, que refletem dinâmicas do solo (incluindo atividade microbiana) e desencadeiam estresse oxidativo, comprometendo processos vitais (Machado, 2024). Nesse contexto, a análise do perfil metabólico da seiva, que é comparada ao “sangue vegetal” por seu papel no transporte de nutrientes e fotoassimilados, revela-se essencial para desvendar mecanismos bioquímicos do distúrbio (Correia, 2015).

Nas últimas décadas, a abordagem metabolômica tem se mostrado fundamental na pesquisa científica. Como parte das ciências ômicas, a metabolômica estuda alterações de metabólitos de plantas e de animais, com foco na obtenção de dados metabólicos significativos de um sistema biológico. Seu alvo principal são moléculas de baixa massa molar (<1500 Da), essenciais para reações e rotas metabólicas, denominadas metaboloma (Canuto et al., 2018).

No estudo da metabolômica, destacam-se duas denominações: perfil metabólico (análise de metabólitos pré-selecionados de vias específicas) e impressão digital metabólica (classificação de amostras por origem ou relevância biológica) (Kell et al., 2005; Canuto et al., 2018). Adicionalmente, a literatura define a análise *targeted* (alvo), baseada em hipóteses e focada em grupos de metabólitos específicos e a análise *untargeted* (global), qualitativa e discriminatória, capaz de identificar novas áreas do metabolismo (Nash; Dunn, 2019).

Compreender o perfil metabólito transcende o diagnóstico pontual, oferecendo bases para estratégias de manejo integrado que harmonizem nutrição, modulação microbiana e sustentabilidade produtiva. O objetivo do estudo foi detectar *on target* metabólitos diferencialmente expressos, especificamente flavonoides e hormônios na seiva de plantas com e sem sintoma de encarquilhamento produzidas no campo e na casa-de-vegetação.

Material e Métodos

Coleta das amostras no campo e na casa-de-vegetação

O estudo foi realizado em duas etapas principais que compreenderam a coleta de plantas em área de produtor (23°11'33.0"S 51°11'05.6"W) e em plantas cultivadas em casa-de-vegetação, em solo obtido na mesma área. Tanto as plantas como a seiva foram coletadas em reboleiras da cultivar DM 66i68IPRO com (CS) ou sem (SS) sintomas de encarquilhamento foliar.

As plantas selecionadas em campo foram identificadas (CS e SC), coletadas, acondicionadas em sacos plásticos e transportadas para o laboratório. Em seguida, os caules foram cortados em segmentos de aproximadamente 5 cm de comprimento, e acondicionados em tubos Falcon de 50 mL. Os tubos foram então submetidos à centrifugação a 5650 RPM por 20 minutos. Após esse processo, a sei-

va extraída foi cuidadosamente transferida para microtubos do tipo *Eppendorf* de 2 mL.

Para coletar a seiva na casa-de-vegetação, os caules das plantas que se desenvolveram em solos CS e SC foram cortados horizontalmente, acima do primeiro entrenó da soja, onde foi posicionada a base de uma ponteira de 20 ml, com a ponta cortada. Após 5 a 10 min, a gota formada foi retirada com uma pipeta automática com ponteira de 20 ml e transferido para um *Eppendorf* (2 ml). Após a coleta, todas as amostras de seiva foram armazenadas à -86°C.

Preparo das amostras para as análises cromatográficas e espectrométricas

No laboratório, as amostras foram identificadas por número de série para garantir rastreabilidade. Volumes de seiva em quantidades aferidas foram transferidas para vials, liofilizados e armazenados em geladeira. Para avaliar homogeneização e estabilidade antes da análise das amostras, realizou-se teste de solubilidade com alta e baixa concentração, diluídas em água ultrapura e acetonitrila (1:1) que, após serem agitadas em vórtex, foram armazenadas. Para a realização das análises a seiva (250 µL) foi diluída com acetonitrila (1:1), homogeneizada, repousada, filtrada (0,22 µm) e transferidas para vials para análises cromatográficas e espectrométricas. As análises e a quantificação foram realizadas utilizando por UPLC acoplado a MS-Quadrupolo (Waters Acquity) com detectores PDA lambda e QDA, respectivamente, e coluna de C₁₈.

Desenho experimental e análise estatística

O presente estudo foi conduzido, com delineamento amostral e experimental de blocos ao acaso estruturado para permitir a comparação entre plantas de soja que apresentavam sintomas (sintomáticas) e ou não (assintomáticas) de encarquilhamento foliar. Na área de agricultor, na fase de campo para a escolha dos locais de coleta foram realizadas observações para a obtenção de amostras estratificadas, que permitiu avaliar a influência do solo e do estado fitossanitário (CS e SS) no fenótipo e perfil metabólico.

Resultados e Discussão

A comparação entre plantas de soja com sintomas de encarquilhamento foliar (CS) e plantas sadias (SS) revelou diferenças metabó-

(Tabela 1). Isoflavonas desempenham funções cruciais na homeostase redox e na defesa química, atuando como quelantes de íons metálicos tóxicos, como o Mn^{2+} (Dowling et al., 2010), e como moduladores da resistência a pragas (Subramanian et al., 2005; Algar et al., 2014).

Tabela 1. Comparação das concentrações médias ($\mu\text{g/mL}$) de metabólitos-chave entre plantas com encarquilhamento foliar (CS) e plantas saudáveis (SS) nas safras de 2021-2022.

Composto	CS (2021-2022)	SS (2021-2022)	Diferença
Ácido. salicílico (G)	0.32 \pm 0.41	0.28 \pm 0.25	NS
Daidzeína (M)	0.78 \pm 0.51	1.89 \pm 1.87	+142%
Genisteína (O)	0.22 \pm 0.15	0.82 \pm 0.79	+273%
Malonil-genistina (K)	0.05 \pm 0.18	0.43 \pm 0.91	+760%

NS: Não significativo; $p < 0.01$ (teste t). Padrão: Isoflavonas (especialmente maloniladas) elevadas em SS

A redução drástica de malonil-genistina em plantas CS (+760% nas SS) sugere um comprometimento na atividade da enzima malonil-transferase (GmMT), responsável pela malonilação das isoflavonas (Ahmad et al., 2017), este fenômeno pode resultar na menor capacidade dessas plantas em complexar Mn^{2+} no vacúolo, favorecendo sua acumulação no citoplasma e subsequente geração de espécies reativas de oxigênio (ROS) (Li et al., 2021). Tal cenário é consistente com a hipótese de toxicidade por Mn^{2+} em solos de origem basáltica com pH ácido, frequentemente associada à ocorrência do encarquilhamento foliar em erva-mate na Região Sul do Brasil (Magri et al., 2020). Além disso, a deficiência de isoflavonas pode reduzir a produção de fitoalexinas e outros compostos de defesa, tornando as plantas mais suscetíveis à infecção por vírus, fungos e ao ataque de nematóides (Erb et al., 2012; Rasmussen; Jones, 2013).

Interessantemente, a ausência de diferenças significativas nos níveis de ácido abscísico e ácido salicílico sugere que o encarquilhamento foliar não está diretamente relacionado a respostas clássicas de estresse hídrico (ABA) ou defesa basal contra patógenos biotróficos (SA). Isso reforça a interpretação de que o fenômeno tem um componente metabólico específico associado à biossíntese de isoflavonas, em vez de ser uma resposta generalizada ao estresse. Isso sugere

que anos com maior severidade de estresse abiótico, como picos de temperatura ou déficits hídricos, como aqueles que ocorreram no período de coleta das amostras no campo, podem acentuar a deficiência metabólica observada nas plantas com sintomas, corroborando a hipótese de um mecanismo multifatorial, os dados obtidos fortalecem um modelo integrativo, no qual o encarquilhamento foliar da soja surge como resultado de uma combinação de: estresse abiótico induzido por solos ácidos ricos em Mn^{2+} , associado a deficiência de cálcio, que compromete a integridade celular. Baixa capacidade metabólica de biossíntese de isoflavonas maloniladas, reduzindo tanto a capacidade de quelação de Mn^{2+} quanto as defesas contra pragas. Acúmulo secundário de ROS, desencadeando danos oxidativos, perda de turgor e deformação foliar.

Conclusão

Em síntese, os resultados obtidos posicionam o perfil metabólico da seiva como um marcador integrativo da condição fisiológica da planta, refletindo interações multifatoriais entre metabolismo, nutrição, ambiente rizosférico e estresses bióticos/abióticos. O aprofundamento desta linha de pesquisa pode viabilizar a implementação de práticas agrícolas mais precisas e sustentáveis, baseadas na metabolômica como suporte à tomada de decisão.

Referências

- AHMAD, M. Z.; LI, P.; WANG, J.; REHMAN, N. U.; ZHAO, J. Isoflavone malonyltransferases GmIMaT1 and GmIMaT3 differently modify isoflavone glucosides in soybean (*Glycine max*) under various stresses. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, article 735, 2017. DOI: 10.3389/fpls.2017.00735.
- ALGAR, E.; GUTIERREZ-MAÑERO, F. J.; GARCIA-VILLARACO, A.; GARCÍA-SECO, D.; LUCAS, J. A.; SOLANO, B. R. The role of isoflavone metabolism in plant protection depends on the rhizobacterial MAMP that triggers systemic resistance against *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* in *Glycine max* (L.) Merr. cv. Osumi, **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 82, p. 9-16, 2014. DOI:10.1016/j.plaphy.2014.05.001.
- CANUTO, G. A. B.; COSTA J. L. da; CRUZ, P. L. R. da; SOUZA, A. R. L. de; FACCIO, A. T.; KLASSENC, A.; RODRIGUES, K. T.; TAVARES, M. F. M. Metabolômica: definições, estado-da-arte e aplicações representativas. **Química Nova**, v. 41, p. 75-91, 2018. DOI: 10.21577/0100-4042.20170134.

CEREZINI, P.; KUWANO, B. H.; BARBOSA, M.; OLIVEIRA, A.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; HUNGRIA, M.; MOREIRA, A.; NOGUEIRA, M. A. Ocorrência de bactérias oxidantes e redutoras de manganês em solo e rizoplane de soja com e sem encarquilhamento foliar. In: REUNIÃO PARANAENSE DE CIÊNCIA DO SOLO, 3., Londrina. **Sistemas conservacionistas de produção e sua interação com a Ciência do Solo**: resumos. Londrina: IAPAR, 2013. p. 248.

CORREIA, S. Seiva elaborada. **Revista de Ciência Elementar**, v. 3, n. 1, 50, 2015. 2 p. DOI: 10.24927/rce2015.050.

DOWLING, S.; REGAN, F.; HUGHES, H. The characterization of structural and antioxidant properties of isoflavone metal chelates. **Journal of Inorganic Biochemistry**, v. 104, n. 10, p. 1091-1098, 2010.

ERB, M.; MELDAU, S.; HOWE, G. A. Role of phytohormones in insect-specific plant reactions. **Trends in Plant Science**, v. 17, n. 5, p. 250-259, 2012.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special report, 80).

KELL, D. B.; BROWN, M.; DAVEY, H. M.; DUNN, W. B.; SPASIC, I.; OLIVER, S. G. Metabolic footprinting and systems biology: the medium is the message. **Nature Reviews Microbiology**, v. 3, n. 7, p. 557-565, 2005.

LI, D.; DING, Z.; DU, K.; YE, X.; CHENG, S. Reactive oxygen species as a link between antioxidant pathways and autophagy. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2021, n. 1, 5583215, 2021. 11 p. DOI: 10.1155/2021/5583215.

MACHADO, A. W. Entenda os sintomas visuais de deficiência/excesso nutricional em plantas. **Agrolink**, 24 jun. 2024. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/aspectos-gerais/entenda-os-sintomas-visuais-de-deficiencia-nutricional-em-plantas_490569.html. Acesso em: 7 maio 2025.

MAGRI, E.; GUGELMIN, E. K.; GRABARSKI, F. A. P.; BARBOSA, J. Z.; AULER, A. C.; WENDLING, I.; PRIOR, S. A.; VALDUGA, A. T.; MOTTA, A. C. V. Manganese hyperaccumulation capacity of *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. and occurrence of interveinal chlorosis induced by transient toxicity. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 203, 111010, 2020. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2020.111010.

NASH, W. J.; DUNN, W. B. From mass to metabolite in human untargeted metabolomics: Recent advances in annotation of metabolites applying liquid chromatography-mass spectrometry data. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 120, 115324, 2019.

NEUMAIER, N.; CRUSIOL, L. G. T.; SIBALDELLI, R. N. R.; MARIN, D. R.; SILVA, B. M.; NOGUEIRA, M. A.; CASTRO, C. de; GONCALVES, S. L.; FOLONI, J. S. S.; FARIAS, J. R. B. Encarquilhamento foliar em soja-dados preliminares para a caracterização fisiológica. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 38., 2023, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2023a. p. 43-46. (Embrapa Soja. Eventos técnicos & científicos, 1).

NEUMAIER, N.; CRUSIOL, L. G. T.; SIBALDELLI, R. N. R.; MARIN, D. R.; SILVA, B. M.; NOGUEIRA, M. A.; CASTRO, C. de; GONCALVES, S. L.; FOLONI, J. S. S.; FARIAS, J. R. B. Avaliação espectral de plantas de soja com encarquilhamento foliar por meio de câmera multiespectral acoplada a drone. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 38., 2023, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2023b. p. 47-49. (Embrapa Soja. Eventos técnicos & científicos, 1).

RASMUSSEN, S.; JONES, C. Potential for producing increased levels of isoflavones in transgenic plants. **CABI Reviews**, v. 8, n. 43, p. 1-13, 2013. DOI: 10.1079/PAVSNNR20138043.

SUBRAMANIAN, S.; GRAHAM, M. Y.; YU, O.; GRAHAM, T. L. RNA interference of soybean isoflavone synthase genes leads to silencing in tissues distal to the transformation site and to enhanced susceptibility to *Phytophthora sojae*. **Plant Physiology**, v. 137, n. 4, p. 1345-1353, 2005.

Cinética de neutralização da acidez em solos com capacidade de troca de cátions distintas

Matheus Correa Bodnariuc⁽¹⁾, Maria Julia Couto⁽²⁾, Maria Teresa Magnani Coppo⁽³⁾, Ruan Francisco Firmano⁽⁴⁾, Fernanda Ramos de Andrade⁽⁵⁾, Joviano Jackson Kleinert⁽⁶⁾, Mariana Gomes Germano⁽⁶⁾, Cesar de Castro⁽⁷⁾, Adilson de Oliveira Junior⁽⁷⁾, Fábio Alvares de Oliveira⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Estudante de graduação em Química, Universidade Estadual de Londrina, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Licenciada em Química, bolsista FAPED/Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽³⁾ Estudante de graduação em Agronomia, Universidade Norte do Paraná, bolsista Funarbe/Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽⁴⁾ Engenheiro-agrônomo, doutor, bolsista DTI-C CNPq/Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽⁵⁾ Laboratório de Análise de Solo e Tecido Vegetal, Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽⁶⁾ Graduada em Química, doutora, analista da Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽⁷⁾ Engenheiro-agrônomo, doutor, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

Os solos tropicais são naturalmente ácidos devido ao processo natural de intemperização. Contudo, a atividade agrícola intensifica o processo de acidificação pela lixiviação de bases trocáveis, remoção de nutrientes pelas colheitas e pela maior atividade microbológica associada à decomposição da matéria orgânica. A acidez do solo é o indicador da atividade de íons hidrogênio (H^+) na solução do solo, condição que determina o equilíbrio, na fração coloidal do solo, da maior ou menor disponibilidade de nutrientes às plantas, além da atividade biológica do solo e da eficiência do uso de fertilizantes (Bönecke et al., 2021).

A correção da acidez do solo em áreas agrícolas é realizada por meio do uso de corretivos, destacando-se o calcário. O cálculo da necessidade de calagem determina as quantidades exigidas para a elevação o pH a valores ideais, com elevação da disponibilidade de cálcio e magnésio e neutralização do alumínio tóxico (Raij, 1991). As propriedades do solo consideradas para a decisão de utilização e recomendação de corretivos de acidez são a acidez ativa (pH) e a acidez potencial ($H+Al$) do solo, determinadas por diferentes métodos, incluindo: (i) titulação direta, (ii) incubação do solo com corretivo de acidez e (iii) o uso de uma solução tampão para estimar a capacidade do solo de resistir à mudança de pH (McLean, 1973).

No Brasil, a metodologia de recomendação de calagem mais empregada é a elevação da saturação por bases (V%), atributo da fertilidade

que indica a quantidade de bases trocáveis disponíveis às plantas e que apresenta relação direta com o pH (Catani; Gallo, 1955). Esta relação é dependente da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, que também indica o poder tampão do solo. Contudo, nas análises de rotina, a CTC é calculada de forma indireta, utilizando a soma de bases (SB) e a acidez potencial (H+Al), determinadas separadamente com o emprego de soluções extratoras, acarretando em desvios do balanço estequiométrico da reação de neutralização da acidez do solo, com reflexo na efetividade da calagem.

Os corretivos de acidez apresentam solubilidade reduzida e, portanto, tem sua efetividade dependente do tempo de reação. O objetivo deste trabalho foi avaliar a cinética de reação do carbonato de cálcio, avaliar a necessidade de calagem pelo método da incubação, analisar os atributos indicadores da correção da acidez do solo e a efetividade do método de recomendação de calagem em solos com diferentes CTCs.

Material e Métodos

Foram coletadas amostras de solo da camada superficial (0-10 cm) de um Argissolo Vermelho Amarelo (Solo PVA) com 100 g dm^{-3} de argila (textura arenosa), e de um Latossolo Vermelho Distroférico (Solo LVdf), com 780 g dm^{-3} (textura muito argilosa). As amostras foram secas e peneiradas para homogeneização e, em seguida, foram acondicionadas em potes plásticos com capacidade para 1,0 kg e distribuídas ao acaso em casa de vegetação. Foi realizada uma amostragem inicial para caracterização química do solo (tempo zero).

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco repetições, para avaliação de tratamentos em esquema fatorial 2×5 , variando-se o tipo de solo (LVdf e PVA) e as doses de carbonato de cálcio (CaCO_3) para neutralização da acidez (0 – 0,5 – 1 – 2 – 4 – 8 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Posteriormente, à aplicação dos tratamentos, o solo foi mantido com umidade próximo a 70% da capacidade de campo. Amostras de solo de cada unidade experimental foram coletadas aos 30, 60 e 90 dias após o início dos tratamentos, para a realização da análise química do solo, conforme a metodologia Embrapa (Teixeira et al., 2017) e metodologia oficial de análise de solo do Estado do Paraná. Neste estudo foram avaliados o pH em extrato

de CaCl_2 0,01M, acidez potencial correlacionada com os valores determinados de pH_{SMP} para o Estado do Paraná e os teores trocáveis de cálcio, magnésio e potássio, utilizados para o cálculo da Soma de Bases (SB), Saturação por Bases (V%) e estimativa da CTC total ($\text{CTC}_{\text{pH}7,0}$).

Resultados e Discussão

Na Tabela 1, são apresentados os parâmetros químicos dos solos utilizados no presente estudo (tempo zero).

Tabela 1. Caracterização química dos solos utilizados no experimento.

Solo	pH (0,01M CaCl_2)	Al	H + Al (SMP)	Ca	Mg	K	SB	CTC	V	m	P
		$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$		%							
Solo PVA	4,8	0,0	2,7	0,5	0,3	0,1	0,8	3,6	23	2,2	29
Solo LVdf	4,9	0,1	5,1	2,5	1,0	0,8	4,3	9,5	46	1,8	21

Na condição inicial, o PVA apresentou acidez potencial de $2,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e CTC total de $3,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, enquanto o LV_{df} apresentou H+Al de $5,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e CTC total de $9,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, indicando um poder tampão mais elevado. Os valores estimados da necessidade de calagem para elevação da V a 70% (Raij, 1991) para o PVA foi $1,7 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e para o LRdf de $2,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

A reação completa do corretivo de acidez foi verificada aos 30 dias após os tratamentos nos dois solos, mantendo os valores máximos de pH até os 90 dias após a aplicação (Figura 1). No entanto, a intensidade de resposta do corretivo nos solos PVA e LRdf apresentou diferenças significativas. O LRdf de textura muito argilosa e maior CTC apresentou maior poder tampão do pH, com valores crescentes de pH em resposta às doses aplicadas, atingindo valor máximo de pH igual a 6,6 na maior dose aplicada. E, o PVA de textura arenosa e menor CTC atingiu valores crescente até a doses $2,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, resultando em valores equivalentes e superiores a 7,0 nas doses de 2,0 a $8,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, mas com redução a partir de 60 dias após a aplicação.

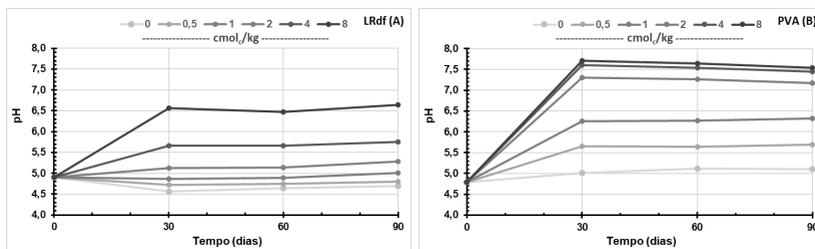


Figura 1. Cinética de neutralização da acidez para o solo LVdf e solo PVA em função do tempo de reação, para cada dose aplicada de CaCO_3 .

Aos 90 dias, as curvas de neutralização da acidez para cada solo em função das doses do corretivo aplicado apresentaram comportamento distintos entre si, porém, com resultados correlacionados com o poder tampão de cada solo (Figura 2). Os solos apresentaram enormes diferenças de neutralização em resposta às doses aplicadas. É possível observar que o solo LVdf, com maior CTC, apresentou uma resposta linear de aumento de pH até a aplicação de $8,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, sem uma tendência de estabilização, mesmo com quantidades aplicadas superiores à acidez potencial. A dose equivalente a $7,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ resultou em valores de pH de 6,5, quantidade muito superior à NC calculada de $2,3 \text{ cmol}_c / \text{kg}$.

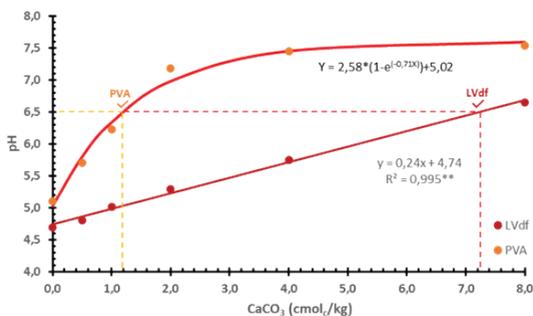


Figura 2. Curva de neutralização da acidez para o solo LVdf e solo PVA, aos 90 dias, em resposta a aplicação de CaCO_3 .

O PVA, com menor CTC, atingiu valores ideais de pH, em torno de 6,5, com a dose de CaCO_3 equivalente a $1,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, valor inferior à NC calculada de $1,7 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Houve estabilização do pH na faixa alcalina a partir de $2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, resultando em um pH de 7,5, o que indica que as doses superiores ao valor inicial de H+Al foram excessivas.

Estequiometricamente, a reação do corretivo de acidez padrão (CaCO_3) solubiliza $1,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de Ca^{2+} para cada $1,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de H+Al neutralizado pelo H_2CO_3 resultante da dissociação do carbonato. Contudo, não foram verificadas relações equivalentes entre aumento de Ca^{2+} e redução proporcional do H+Al nos dois solos (Figura 3).

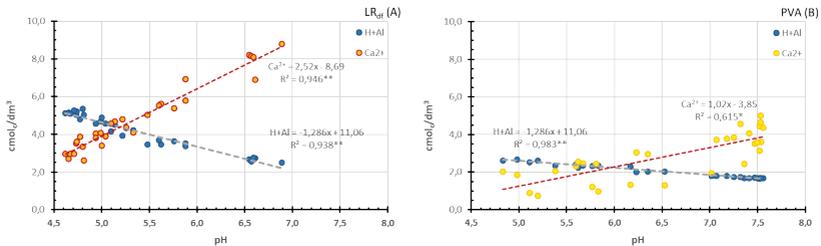


Figura 3. Acidez potencial e disponibilidade de cálcio em função do pH do Solo LVdf (A) E Solo PVA (B).

O solo LVdf (Figura 3A) apresentou respostas lineares em relação ao pH para a neutralização da acidez potencial e a substituição pelo Ca^{2+} , cátion acompanhante no corretivo aplicado no complexo de troca do solo. No entanto, a maior recuperação de Ca^{2+} trocável pelo método analítico foi de $5,2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ na maior dose enquanto que a acidez potencial foi reduzida de $5,1$ para $2,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. A relação $\text{Ca}^{2+}/\text{H+Al}$ foi modificada na razão de $2,1$, indicando ausência de proporcionalidade estequiométrica e maior desvio para a H+Al em relação ao valor teórico. Os valores observados de acidez potencial devem estar subestimados para essa classe de solos de alta CTC, uma vez que a NC calculada para atingir $V = 70\%$ (próximo ao pH $6,5$) foi de apenas $2,7 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, valor muito abaixo de $7,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ observado para atingir este valor de pH. Assim, a determinação de H+Al por um método indireto de correlação com o pH SMP para os solos do Paraná deve ser reavaliada ou ajustada para solos com características distintas.

No solo PVA (Figura 3B), H+Al também apresentou redução linear de $2,6$ a $0,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ em resposta à aplicação de CaCO_3 e elevação do pH. O cálcio, por sua vez, apresentou um menor coeficiente de correlação linear, com variação nos valores observados de $1,5$ a $4,2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ nas maiores doses do corretivo. Os desvios estão associados à maior variabilidade na recuperação de cálcio na faixa de pH alcalino ($\text{pH} > 7,0$), pelo extrator KCl $1,0 \text{ M}$. O incremento de Ca^{2+} na maior dose

de corretivo foi 3 vezes mais elevado que a redução do H+Al, confirmando a ausência de proporcionalidade estequiométrica, e resultando em superestimativa da CTC calculada ($CTC_{pH7,0} \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1} = SB + H+Al$). O valor estimado para a NC para atingir $V = 70\%$ (próximo ao pH 6,5) foi de $1,7 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, superior em $0,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ao valor observado para atingir este valor de pH com a incubação do CaCO_3 .

Conclusão

O carbonato de cálcio reagiu completamente após 30 dias de aplicação em condições ideais de aplicação e controle da umidade do solo. O LRdf, de maior CTC, apresentou resposta linear à aplicação do corretivo de acidez até valores acima da acidez potencial determinada. O PVA, de menor CTC, apresentou resposta decrescente à aplicação do corretivo de acidez e estabilização do pH na faixa ligeiramente alcalina nas doses superiores à sua acidez potencial. A acidez potencial do solo, determinada por correlação com o pH SMP no Estado do Paraná, apresenta desvios de resultados em solos com CTC distintas. A aplicação excessiva de corretivos de acidez em solos de baixa CTC eleva o pH para valores alcalinos e resulta em superestimativa dos teores de cálcio trocáveis e da $CTC_{pH7,0}$ calculada.

Referências

BÖNECKE, E.; MEYER, S.; VOGEL, S.; SCHRÖTER, I.; GEBBERS, R.; KLING, C.; KRAMER, E.; LÜCK, K.; NAGEL, A.; PHILIPP, G.; GERLACH, F.; PALME, S.; SCHEIBE, D.; ZIEGER, K.; RÜHLMANN, J. Guidelines for precise lime management based on high-resolution soil pH, texture and SOM maps generated from proximal soil sensing data. **Precision Agriculture**, v. 22, p. 493-523, 2021. DOI: 10.1007/s11119-020-09766-8.

CATANI, R. A.; GALLO, J. R. Avaliação da exigência em calcário dos solos do estado de São Paulo, mediante correlação entre o PH e a porcentagem de saturação em bases. **Revista de Agricultura**, v. 30, p. 49-60, 1955.

MCLEAN, E. O. Testing soils for pH and lime requirement. In: WALSH, L. M.; BEATON, J. D. (ed.) **Soil testing and plant analysis**. Madison: SSSA, 1973. p. 78-83.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres; Piracicaba: Potafos, 1991. 343 p.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.

Resposta de duas cultivares do grão-de-bico a fontes de nitrogênio

Leticya Faustina Moreira Guimarães⁽¹⁾, Stéfany Ramos Romagnolli Silvestrim⁽²⁾, Adônis Moreira^(3,5), Larissa Alexandra Cardoso Moraes⁽³⁾, Oscar Fontão de Lima Filho⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, UNOPAR, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Estudante de mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR. ⁽³⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽⁴⁾ Pesquisador, Embrapa Hortaliças, Londrina, PR. ⁽⁵⁾ Bolsista de Produtividade em Pesquisa 1C do CNPq.

Introdução

A cultura do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é considerada uma fonte de alimento com elevado valor nutricional, sendo seu cultivo indicado principalmente para regiões semiáridas, devido à sua relativamente baixa demanda hídrica (Nascimento et al., 2016). Apesar do potencial de expansão de cultivo de grão-de-bico no Brasil, o país ainda importa quase a totalidade do grão-de-bico, não apresentando uma tradição de cultivo comercial dessa leguminosa (Delfim et al., 2024). O nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maior quantidade pelas plantas por estar associado a diversos processos metabólicos vitais para seu desenvolvimento (Epstein; Bloom, 2006).

Cultivares vêm sendo desenvolvidas em estudos recentes no Brasil, como no caso da BRS Aleppo e BRS Kalifa, entretanto, para abastecer a necessidade de consumo interno, a maior parte da produção é importada de maiores países produtores. Com isso, é necessário estimular a produção local e promover tecnologias que possibilitem o desenvolvimento da cultura de maneira a atingir os maiores níveis de produtividade, fornecimento de nutrientes em níveis adequados e controle de doenças e pragas no cultivo do grão-de-bico (Manara; Ribeiro, 1992).

Face ao exposto, diante da necessidade de esclarecimentos sobre a eficiência de uso de N por cultivares de grão-de-bico, o presente estudo tem como objetivo avaliar a influência de N na produtividade e estado nutricional das plantas.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado e esquema fatorial 7x2, com 4 repetições.

Os tratamentos foram constituídos pelos seguintes fatores: a) fontes de N na dose de 300 mg kg⁻¹ de N: Controle, sulfato de amônio [(NH₄)₂SO₄ - 20% de N], ureia [(NH₂)₂CO - 45% de N], nitrato de amônio (NH₄NO₃ - 32% de N), nitrato de potássio (KNO₃ - 13% de N), nitrato de cálcio [Ca(NO₃)₂ - 14% de N] e nitrato de sódio (NaNO₃ - 15% de N); e b) duas cultivares de grão-de-bico: BRS Kalifa e BRS Aleppo.

O solo foi acondicionado em vasos de barro com capacidade de três litros, sendo utilizadas duas plantas por vaso. Na correção da acidez do solo, foi utilizado CaCO₃ para elevar a saturação por bases a 60%. Após 30 dias da incorporação da calagem, exceto o N, a adubação com os demais nutrientes foi realizada conforme recomendação indicada por Moreira et al. (2011) para experimentos conduzidos em condições de casa-de-vegetação. As doses de N foram aplicadas parceladas em duas vezes, sendo a primeira parcela no plantio e segunda em cobertura durante o desenvolvimento das plantas (30 dias). As variáveis analisadas foram o número de vagens, peso dos grãos, massa seca de parte aérea, nitrogênio nas folhas e nos grãos, SPAD, volume de raízes, peso de 100 sementes e massa seca total.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), teste F e posteriormente comparadas pelo teste de médias por Scott-Knott a 5% de probabilidade (Scott; Knott, 1974). As pressuposições de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias foram avaliadas com os testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente (Bartlett, 1937; Shapiro; Wilk, 1965). Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software Sisvar (Ferreira, 2019).

Resultados e Discussão

Os dados das duas cultivares de grão-de-bico (BRS Kalifa e BRS Aleppo) para as diferentes fontes de N estão apresentadas na Tabela 1. Nas médias das cultivares, as fontes de N que se destacaram com maior desempenho foram com aplicação de ureia, NaNO₃ e NH₄NO₃. Na cultivar BRS Aleppo, os dados revelaram uma diferença significativa para produção de grãos (PG) na fonte NaNO₃ e Ca(NO₃)₂, enquanto na BRS Kalifa, todas as fontes foram semelhantes e diferiram do controle. A MSPA também foi influenciada pelos tratamentos e apesar da variação entre as fontes dentro de cada cultivar e na média, todas foram superiores ao controle. Tais resultados corroboram Moreira et al. (2021) em estudo realizado em condições de campo,

nos quais constaram que a aplicação de N no grão-de-bico aumenta significativamente as quantidades de biomassa verde, seca e total .

Para o teor de N nos grãos, houve diferenciação entre as cultivares para fontes, visto que na média, as fontes ureia, NH_4NO_3 e NaNO_3 apresentaram os maiores teores de N, o mesmo foi observado para o teor do nutriente nas folhas, que também apresentaram respostas distintas das cultivares BRS Kalifa e BRS Aleppo. Na média dos dois materiais os maiores teores de N na folha foram observados nas fontes $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, ureia e NaNO_3 (Tabela 1). Apesar do maior teor de N nas folhas, a aplicação de NaNO_3 apresentou o menor teor SPAD e os fontes de N e independentemente da cultivar, a aplicação das fontes de N não influenciaram o volume de raízes (VR) e peso de 100 sementes (PS) (Tabela 1).

Tabela 1. Efeito de diferentes fontes de nitrogênio sobre componentes de produção de duas cultivares de grão-de-bico.

Cultivar	Fontes	PG	MSPA	N-F	SPAD	VR	PS	MST	N-G
		g/ vaso	g/vaso	g kg ⁻¹	-	cm ³	g	g/ vaso	g kg ⁻¹
Kalifa	Controle	3,2b	18,5a	38,2b	44,9b	21,8a	36,4a	21,7b	30,6c
	KNO_3	4,9a	21,3a	41,7b	54,1a	23,8a	36,7a	26,2a	39,6b
	NH_4NO_3	5,4a	22,8a	45,6a	50,4a	25,5a	43,6a	28,1a	44,5a
	NaNO_3	4,9a	20,8a	44,7a	39,9c	20,0a	41,8a	25,6a	40,0b
	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	4,9b	21,3a	41,7a	54,1b	23,8a	36,7a	26,2b	39,6a
	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	4,5a	19,1a	46,4a	38,0c	21,5a	46,0a	23,6b	39,7b
	Ureia	5,9a	22,6a	49,4a	54,1a	20,0a	47,1a	28,4a	40,0b
	Média	4,8	20,91	44,0	47,9	22,3	41,2	25,7	39,1
Aleppo	Controle	3,1b	16,76b	40,7b	38,4b	25,5a	39,1a	19,8b	34,2c
	KNO_3	4,0b	19,12b	45,5b	44,9a	21,3a	36,4a	23,1b	39,0b
	NH_4NO_3	6,2a	22,16a	43,2b	37,7b	30,0a	42,8a	28,3a	40,6b
	NaNO_3	4,2b	21,95a	49,4a	38,8b	31,3a	38,0a	26,1a	36,3c
	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	4,1b	18,30b	45,6b	44,1a	20,5a	35,3a	22,4b	44,6a
	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	6,7a	24,43a	51,2a	45,4a	26,3a	42,3a	31,1a	39,6b
	Ureia	4,0b	19,27b	46,6b	41,9a	24,5a	34,5a	23,3b	43,4a
	Média	4,6	20,3	46,0	41,6	25,6	38,3	24,9	39,7

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Cultivar	Fontes	PG	MSPA	N-F	SPAD	VR	PS	MST	N-G
		g/ vaso	g/vaso	g kg ⁻¹	-	cm ³	g	g/ vaso	g kg ⁻¹
Média	Controle	3,2d	17,6b	39,4c	41,6c	23,6a	37,8a	20,8b	32,4c
	KNO ₃	4,4b	20,2b	43,6b	49,5a	22,5a	36,5a	24,7a	39,3b
	NH ₄ NO ₃	5,7a	22,5a	44,4b	44,1b	27,8a	43,2a	28,2a	42,6a
	NaNO ₃	4,5a	21,4a	47,0a	39,3c	25,6a	39,9a	25,9a	38,2b
	(NH ₄) ₂ SO ₄	4,5c	19,8a	43,7b	49,1b	22,1a	36,0a	24,3b	42,1a
	Ca(NO ₃) ₂	5,6b	21,8a	48,8a	41,7c	23,9a	44,1a	27,4a	39,7b
	Ureia	4,9a	20,9a	48,0a	48,0a	22,3a	41,3a	25,8a	41,7a
	Média	4,7	20,6	45,0	44,8	24,0	39,8	25,3	39,4
	CV%	17,0	11,1	8,5	7,44	27,0	12,7	11,7	5,5

⁽¹⁾ KNO₃ = nitrato de potássio; NH₄NO₃ = nitrato de amônio; NaNO₃ = nitrato de sódio; (NH₄)₂SO₄ = sulfato de amônio; Ca(NO₃)₂ = nitrato de cálcio; Ureia = (NH₂)₂CO. ⁽²⁾ PG = peso de grãos; MSPA = massa seca da parte aérea; N-F = nitrogênio na folha; SPAD = Soil Plant Analysis Development (correlação com o teor foliar de clorofila); VR = volume de raízes; PS = peso de 100 sementes; MST = massa seca total; N-G = nitrogênio no grão. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Conclusão

Nas condições estudadas, para a BRS Aleppo, a aplicação das fontes NH₄NO₃ e NH₄NO₃ acarretaram maior produção de grãos, enquanto que, para a BRS Kalifa, todos os tratamentos foram superiores ao controle (fontes de N).

Agradecimentos

Ao Laboratório de Solos da Universidade Estadual de Londrina (UEL) pelas análises e ao CNPq pelo suporte financeiro.

Referências

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society of London**, Series A, Mathematical and Physical Sciences, p. 268-282, 1937.

DELFIM, J.; MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; SILVA, J. F.; MOREIRA, P. A. M.; LIMA FILHO, O. F. Soil phosphorus availability impacts chickpea production and nutritional status in tropical soils. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 24, n. 2, p. 3115-3130, 2024.

- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas princípios e perspectivas**: metabolismo mineral. Londrina: Ed. Planta, 2006. 393 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, p. 529-535, 2019.
- MANARA, W.; RIBEIRO, N. D. Grão-de-bico. **Ciência Rural**, v. 22, n. 3, p. 359-365, 1992.
- MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K.; GARCIA Y GARCIA, A. Effect of liming on the nutritional conditions and yield of alfalfa grown in tropical conditions. **Journal of Plant Nutrition**, v. 34, p. 1107-1119, 2011.
- MOREIRA, G. R. N.; DUTRA, G. A.; FREITAS, J. M.; DINIZ, R. A. C.; FERNANDES, F. R.; REZENDE, C. F. A. Rendimento da cultivar de grão de bico cristalino submetido a diferentes dosagens de adubação, **PVIC-UniEVANGÉLICA**, v. 11, p. 16-18, 2021.
- NASCIMENTO, W. M.; SILVA, P. P.; ARTIAGA, O. P.; SUINAGA, F. A. Grão-de-bico. In: NASCIMENTO, W. M. (ed.). **Hortaliças leguminosas**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 89-118.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, p. 507-512, 1974.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality. **Biometrika**, v. 52, p. 591-611, 1965.

Eficiência do controle biológico de lagartas em soja pulverizada com drone em diferentes velocidades de deslocamento

Emily Matsubara Medeiros⁽¹⁾, Rogério Scherlowski Filho⁽²⁾, Amanda Rodrigues⁽³⁾, Nicoly Barros Ferreira⁽⁴⁾, Gabriela Bes⁽⁵⁾, Ana Júlia Tanko Ribeiro⁽⁶⁾, Nathalia Cuesta dos Santos⁽²⁾, Roberto Rocha Czech⁽⁷⁾, José Renato Bouças Farias⁽⁸⁾, Fernando Storniolo Adegas⁽⁸⁾, Rafael Moreira Soares⁽⁸⁾, Samuel Roggia⁽⁸⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Federal de Mato Grosso, bolsista de inovação Embrapa/FAPED, Cuiabá, MT. ⁽²⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Norte do Paraná, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽³⁾ Bióloga, mestre, bolsista DTC-D/CNPq, Londrina, PR. ⁽⁴⁾ Engenheira-agrônoma, assistente de biotecnologia do Grupo Don Mario, Cambé, PR. ⁽⁵⁾ Engenheira-agrônoma, pesquisadora visitante da Kansas State University, Manhattan, KS, EUA. ⁽⁶⁾ Engenheira-agrônoma, estudante de mestrado, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR. ⁽⁷⁾ Engenheiro-agrônomo, diretor comercial da Megadrone Brasil, Campo Grande, MS. ⁽⁸⁾ Engenheiro-agrônomo, doutor, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

A cultura da soja (*Glycine max L.*) é de extrema importância para a agricultura brasileira, sendo constantemente desafiada por pragas que podem comprometer sua produtividade. Entre essas pragas, destacam-se a lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*), as lagartas-falsa-medideira (*Chrysodeixis includens*, *Rachiplusia nu*) e espécies do gênero *Spodoptera*. O controle biológico, utilizando agentes como a bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt), tem se mostrado uma alternativa eficaz e ambientalmente sustentável para o manejo dessas pragas (Bobrowski et al., 2003).

Dentre os agentes de controle biológico disponíveis para lagartas, as bactérias têm sido o grupo mais promissor comercialmente em relação a outros agentes como vírus, fungos, parasitoides, predadores e nematoides, devido a características favoráveis para produção em larga escala, tempo de prateleira do produto formulado, armazenamento, transporte, bem como a possibilidade de aplicação em campo utilizando metodologias habituais aos agricultores, como a pulverização.

Porém a eficiência de controle de *B. thuringiensis* depende da correta tecnologia de aplicação utilizada. Esse agente de controle biológico

é adquirido pelas lagartas por ingestão. Assim, é necessário que a tecnologia de aplicação proporcione adequada deposição e distribuição do produto nas folhas das plantas, especialmente nas regiões mais internas do dossel, que, em particular, é o estrato da planta mais utilizado pela lagarta *C. includens* (Zulin, 2016), que habitualmente é mais tolerante à bactéria *B. thuringiensis* e demanda ingestão de maiores doses para seu controle (Sosa-Gómez; Omoto, 2012).

Em anos recentes tem aumentado a adoção da pulverização com drones, demandando estudos sobre o desempenho destes para a aplicação de agentes de controle biológico de pragas. Em estudo anterior, foi observada maior eficiência do controle biológico da lagarta *R. nu*, com baculovirus, proporcionado pela pulverização com drone em comparação à pulverização costal (Landgraf, 2022). Um dos fatores que podem influenciar na eficiência da pulverização com drones é o fluxo de ar descendente gerado pelas hélices, conhecido como “downwash”. Esse fluxo de ar pode afetar a penetração e a distribuição das gotas no dossel da soja, impactando diretamente na eficácia do controle biológico de lagartas (Lei et al., 2021). O fluxo de ar descendente pode ser influenciado por diferentes fatores, sendo um deles a velocidade de deslocamento do drone, que é um parâmetro determinante para o rendimento operacional.

Assim, foi conduzido um trabalho com objetivo de estudar a eficiência de controle biológico de lagartas em soja pela bactéria *B. thuringiensis* pulverizada com diferentes volumes de calda e velocidades de deslocamento do drone.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Embrapa Soja, Londrina, PR, em área cultivada com soja BRS 544RR, no estádio R5.1 (início da formação de grãos). Sobre infestação natural de lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*), lagartas-falsa-medideira (*Chrysodeixis includens*, e *Rachiplusia nu*) e lagartas do gênero *Spodoptera*. Os tratamentos consistiram na combinação de dois volumes de calda (6 e 12 L/ha) e duas velocidades de deslocamento do drone (6 e 12 m/s). A calda utilizada foi preparada com 1 kg/ha do inseticida biológico Xentari® (54% de *B. thuringiensis* subespécie *aizawai* cepa ABTS-1857), associado a 2 mL/L do adjuvante Silwet* ECO. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com 4 repetições. Foram

utilizadas parcelas de 15 × 100 m, com área útil de 15 × 25 m na sua porção central, onde foi realizada a coleta de dados.

A pulverização foi realizada em 16/01/2024, utilizando um drone de pulverização agrícola da marca XAG, modelo P100 PRO, regulado para gerar espectro de gotas de 100 µm, altura de voo de 4,5 m e faixa de aplicação esperada de 8 m de largura. O sentido da aplicação foi norte-sul, com ângulo aproximado de 355°. Os dados ambientais foram obtidos da Estação Meteorológica da Embrapa Soja, localizada na latitude de 23°11'37" S, longitude 51°11'03" O e altitude 630 m, para o horário de cada pulverização realizada (Tabela 1).

Foi realizada amostragem de lagartas, pelo método de pano-de-batida, no dia anterior à pulverização e em três datas até 10 dias após. Devido à maior densidade populacional e maior frequência de ocorrência entre as parcelas, foram consideradas, para análise, apenas os dados relativos à densidade de lagartas grandes (>1,5cm) de lagarta-da-soja e do conjunto de espécies de lagartas-falsa-medideira. Estas últimas foram analisadas em conjunto pela dificuldade de separação em espécies em condições de campo. Os dados obtidos foram submetidos à análise exploratória para identificação e remoção de *outliers* pelo método *boxplot*. Em seguida os dados foram transformados, elevando-se cada valor ao expoente 0,1 ou 0,5, visando otimizar a homogeneidade das variâncias e atender ao pressuposto de distribuição normal dos dados, visando reduzir em módulo, a curtose e a assimetria dos dados, aproximando-as de zero. Em seguida, os dados transformados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de significância. Adicionalmente, foi calculada a eficiência de controle pela fórmula de Henderson e Tilton (1955).

Tabela 1. Parâmetros ambientais associados aos tratamentos estudados, compostos por diferentes velocidades de deslocamento do drone e volumes de calda de aplicação. Londrina, PR, safra agrícola 2023/2024.

Tratamentos			Parâmetros ambientais associados aos tratamentos ¹				Downwash - velocidade do fluxo de ar no dossel (m/s) ³
Velocidade do drone (m/s)	Volume de calda (L/ha)	Horário da pulverização	Velocidade do vento (m/s) ²	Direção do vento (°)	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	
6	12	10h40	2,3 (4,3)	10	30,5	73,8	2,39 a
12	12	10h45	2,0 (4,0)	345	30,4	74,5	1,09 b
6	6	10h55	1,7 (4,0)	337	30,0	77,9	2,42 a
12	6	11h00	2,0 (4,3)	4	30,2	74,8	1,03 b
Média			2,0 (4,2)	354	30,3	75,3	1,73

¹ Dados obtidos da Estação Meteorológica da Embrapa Soja, para o dia 16/01/2024. ² Entre parênteses é apresentada a velocidade da rajada de vento. ³ Dados obtido a partir de anemômetros instalados horizontalmente no topo do dossel da soja, médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância; coeficiente de variação: 0,27%; p-valor: <0,000.

Resultados e Discussão

O experimento foi instalado com densidade de 5,25 lagartas pequenas/pano e 5% de desfolha, abaixo do nível de ação de 20 lagartas pequenas/pano ou 15% de desfolha (Roggia et al., 2020). Porém com densidade de 4,75 lagartas grandes/pano próximo ao limite máximo de 5 lagartas grandes/pano, para o uso de inseticida microbiano. O percentual inicial de lagartas foi de 81% de lagarta-da-soja, 9% de lagartas-falsa-medideira e 10% de outras lagartas.

Após a pulverização houve redução da densidade da lagarta-da-soja na testemunha, de 3,38 para 1,50 e 3,13 lagartas/pano nas três avaliações realizadas até 10 dias. Para as lagartas-falsa-medideira a densidade que inicialmente foi de 0,88 lagartas/pano, oscilou entre 0,13 e 1,25 após a aplicação. Enquanto que na maior parte das parcelas pulverizadas houve redução populacional de ambas lagartas, indicando ação do produto biológico no controle destas, resultando em eficiência de controle de 39-95%, na média das três avaliações realizadas após a pulverização (Tabela 2). O que representa um bom desempenho, considerando que trata-se de um inseticida biológico aplicado sobre lagartas grandes, em condições de campo. As melho-

res eficiências de controle (85-95%) foram obtidas com a menor velocidade de deslocamento (6 m/s), independente do volume de calda. Nesta velocidade foi maior o efeito “downwash” (Tabela 1) o que deve proporcionar maior penetração da calda de pulverização no dossel da soja, o que é relevante em particular para a lagarta *C. includens*, que utiliza mais frequentemente o estrato médio das plantas de soja (Zulin, 2016).

Em particular para a lagarta-da-soja, nos tratamentos aplicados a 12 m/s, o aumento do volume de calda de 6 L/ha para 12 L/ha, aumentou a eficiência de controle de 39% para 71%. Esse resultado, indica que o maior volume de calda apresenta um cenário mais robusto, sendo menos influenciado pela velocidade de deslocamento. Por outro lado, para as lagartas-falsa-medideira, o aumento do volume de calda não resultou em melhorias na eficiência de controle no tratamento aplicado a 12 m/s, sendo a melhor eficiência (86%) observada com 6 L/ha. A variação da eficiência de controle entre as lagartas, em resposta a diferentes tecnologias de aplicação, pode estar relacionada à distribuição diferenciada das espécies no dossel da soja. É importante destacar que as condições de aplicação foram idênticas entre os tratamentos, quanto ao espectro de gotas, à altura de voo e aos parâmetros ambientais. Assim, assume-se que a penetração e distribuição espacial da calda de pulverização obtida em cada tratamento seja resultante das interações do volume de calda e do efeito “downwash”.

Tabela 2. Densidade populacional e eficiência de controle de lagartas em soja em resposta à aplicação de *B. thuringiensis*, pulverizado com drone em diferentes velocidades de deslocamento e volumes de cada. Londrina, PR, safra agrícola 2023/2024.

Tratamentos		Datas de amostragem em dias após a pulverização (DAP)								
Velocidade do drone (m/s)	Volume de calda (L/ha)	PRÉ	3 DAP	6 DAP	10 DAP	Média	3 DAP	6 DAP	10 DAP	Total
		Densidade de lagartas grandes/pano								Eficiência de controle (%)
Lagarta-da-soja (<i>A. gemmatilis</i>) ¹										
6	12	1,63 bc	0,13 b	0,00 b	0,25 bc	0,13	90	100	83	89
12	12	1,63 bc	0,50 b	0,25 b	0,25 bc	0,33	60	65	83	71
6	6	2,50 ab	0,13 b	0,50 ab	0,00 c	0,21	94	55	100	88
12	6	1,25 c	0,50 b	0,00 b	1,13 b	0,54	49	100	3	39
Testemunha		3,38 a	2,63 a	1,50 a	3,13 a	2,42	-	-	-	-
Coeficiente de variação (%)		20 % ¹	19 % ²	26 % ²	21 % ²	-	-	-	-	-
Lagartas-falsa-medideira (<i>C. includens</i> , <i>R. nu</i>) ²										
6	12	1,88 a	0,13 b	0,00 b	0,13 a	0,08	92	100	53	95
12	12	0,88 b	0,25 ab	0,13 b	0,38 a	0,25	67	90	-200	65
6	6	1,75 a	0,38 ab	0,25 b	0,00 a	0,21	75	90	100	85
12	6	1,13 ab	0,25 ab	0,13 b	0,00 a	0,13	74	92	100	86
Testemunha		0,88 b	0,75 a	1,25 a	0,13 a	0,71	-	-	-	-
Coeficiente de variação (%)		29 % ¹	79 % ³	24 % ²	24 % ²	-	-	-	-	-

¹ Dados transformados por (X+0,001)^{0,1}. ² Dados transformados por (X+0,001)^{0,1}. ³ Dados transformados por (X+0,001)^{0,5}.

Estudos prévios indicam que a redução do volume de calda nem sempre compromete a eficácia no controle de pragas, desde que o espectro de gotas e a cobertura sejam adequados. Vaz et al. (2024), por exemplo, demonstraram que, mesmo em aplicações com menor volume de calda, a eficácia do controle das plantas daninhas *Bidens pilosa* e *Ipomoea triloba* foi mantida quando se utilizou um espectro de gotas apropriado. Camargo et al. (2020), estudando pulverização terrestre, demonstraram que a redução da velocidade de deslocamento aumenta o percentual de cobertura foliar no interior do dossel da soja e reduz a desfolha causada pela lagarta-falsa-medideira, *C. includens*. Esses autores, também observaram que o aumento do volume de calda/ha não melhora o desempenho de controle da lagarta *C. includens*.

No presente estudo, a menor velocidade de deslocamento do drone (6 m/s) proporcionou maior efeito “downwash” com velocidade do fluxo de ar no dossel da soja cerca de 2,3 vezes maior do que na maior velocidade do drone (12 m/s), o que indica um efeito inversamente proporcional entre a velocidade de deslocamento e a intensidade do “downwash” (Tabela 1). Estudos demonstram que o fluxo de ar descendente gerado pelos rotores de drones pode aumentar significativamente a penetração das gotas, especialmente em velocidades mais baixas de voo, favorecendo a cobertura foliar e a deposição em áreas mais protegidas do dossel (Feng et al., 2018; Lei et al., 2021).

A melhoria da penetração da calda de pulverização, da distribuição e da cobertura foliar, são particularmente relevantes para a aplicação da bactéria *B. thuringiensis* que precisa ser ingerida pelas lagartas ao consumirem as folhas, por não apresentar sistemicidade na planta e não atuar por contato direto (Bobrowski et al., 2003). Estes resultados podem ter aplicação para outras pulverizações fitossanitárias, com características similares de demanda de penetração de calda e cobertura.

Conclusão

A redução da velocidade de deslocamento do drone de pulverização aumenta a eficiência de *B. thuringiensis* no controle biológico da lagarta-da-soja e lagartas-falsa-medideira, em soja. O aumento do volume de calda de aplicação não proporciona aumento da eficiência de controle para todas as espécies de lagartas abordadas pelo estudo.

Referências

- BOBROWSKI, V. L.; FIUZA, L. M.; PASQUALI, G.; BODANESE-ZANETTINI, M. H. Genes de *Bacillus thuringiensis*: uma estratégia para conferir resistência a insetos em plantas. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, p. 909-915, 2003.
- CAMARGO, L. C. M. de; GARCIA, D. de B.; SAAB, O. J. G. A.; PASINI, A.; SARTI, D. A.; DIAS, C. T. dos S. Insecticide application speed in the control of lepidopteran pests in soybean. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 1, p. 72-80, 2020.
- FENG, T.; QI, L.; LIU, C. L.; JIN, B. K. Measurement of downwash velocity generated by rotors of agriculture drones. **INMATEH Agricultural Engineering**, v. 55, n. 2, p. 163-170, 2018.
- HENDERSON, C. F.; TILTON, E. W. Tests with acaricides against the brow wheat mite. **Journal of Economic Entomology**, v. 48, p.157-161, 1955.
- LANDGRAF, L. Drones são capazes de melhorar pulverização para controle de pragas da soja. **Embrapa Notícias**, 29 mar. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/69239452/drones-sao-capazes-de-melhorar-pulverizacao-para-controle-de-pragas-da-soja>. Acesso em: 30 maio 2005.
- LEI, Y.; HUANG, Y.; WANG, H. Effects of wind disturbance on the aerodynamic performance of a quadrotor MAV during hovering. **Journal of Sensors**, v. 2021, 6681716, 2021. 13 p.
- ROGGIA, S.; BUENO, A. de F.; FERREIRA, B. S. C.; SÓSA-GOMEZ, D. R.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; HIROSE, E.; GAZZONI, D. L.; PITTA, R. M.; PEREIRA, P. R. V. da S.; OLIVEIRA, C. M. de; CARVALHO, L. F. T. de. Manejo integrado de pragas. 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. 197-226. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).
- SOSA-GÓMEZ, D. R.; OMOTO, C. Resistência a inseticidas e outros agentes de controle em artrópodes associados à cultura da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (ed.) **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 673-723.
- VAZ, V.; FERREIRA, G. A. de P.; FREITAS, F. C. L. de; PAIVA, M. C. G.; LEMOS, A. S.; SOUZA, W. M. de; FURTADO JÚNIOR, M. R.; CECON, P. R. Spray volume and droplet spectrum in the control of *Bidens pilosa* and *Ipomoea triloba* with the Fomesafen herbicide. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 28, n. 8, e282568, 2024.
- ZULIN, D. **Flutuação populacional e distribuição vertical de *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura da soja**. 2016. 58 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.

Diagnóstico rápido da nutrição potássica da soja: avaliação de metodologias de determinação

Maria Teresa Magnani Coppo⁽¹⁾, Ruan Francisco Firmano⁽²⁾, Fábio Alvares de Oliveira⁽³⁾, César de Castro⁽³⁾, Adilson de Oliveira Junior⁽³⁾

⁽¹⁾ Estudante de graduação em Agronomia, Universidade Norte do Paraná, bolsista Funarbe/Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽²⁾ Engenheiro-agrônomo, doutor, bolsista DTI-C CNPq/Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽³⁾ Engenheiro-agrônomo, doutor, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

A determinação precisa dos teores de potássio (K) em solos e tecidos vegetais é essencial para recomendações adequadas de adubação e manejo da fertilidade (Raij et al., 2001). A disponibilidade de K às plantas é influenciada pela forma como o nutriente se encontra no solo, pelo procedimento de extração e também pelo método analítico utilizado para sua quantificação (Meurer, 2006). O método convencional de determinação do potássio foliar em laboratório é altamente preciso, contudo, apresenta limitações relacionadas ao tempo de processamento, necessidade de infraestrutura específica e logística complexa (Santos et al., 2018). Esses fatores dificultam a obtenção de resultados em tempo hábil, comprometendo a adoção de medidas corretivas durante fases críticas do desenvolvimento da soja (Seixas et al., 2020).

Para superar essa limitação, foi proposto o método FAST-K, que emprega um medidor portátil de íons (LAQUAtwin® K-11) para quantificar o K⁺ hidrossolúvel em extratos obtidos por maceração simples de folhas. Essa metodologia tem potencial para gerar diagnósticos nutricionais rápidos diretamente no campo, porém, para garantir a confiabilidade e empregabilidade dos resultados é necessário determinar a precisão dos valores quantitativos determinados por este equipamento alternativo.

O objetivo deste trabalho foi comparar os níveis de K⁺ hidrossolúveis determinados pelo método padrão espectrofotométrico (ICP-OES) e pelo método potenciométrico utilizando o equipamento portátil contendo um eletrodo seletivo para K⁺ (LAQUAtwin® K-11).

Material e Métodos

Para a realização deste estudo, foram utilizadas 240 amostras de folhas de soja provenientes de parcelas experimentais de cinco experimentos de campo para a avaliação da resposta da soja à adubação potássica na região norte do Paraná. Em cada parcela foram coletadas de cinco a dez trifólios, sem pecíolo, localizados no terceiro ou quarto nó a partir do ápice da planta, nos estádios fenológicos V8 e R2/R3. As amostras de folhas foram armazenadas em sacos plásticos, com o objetivo de preservar a umidade do material.

A seguir, determinou-se a massa fresca das folhas, separando-se para análise uma quantidade de folíolos suficiente para uma subamostra de 2,0 a 3,0 g (M_{folhas}). Cada subamostra de folíolos foi macerada completamente por um período de 1 a 2 minutos, e o extrato diluído a um volume final de 30mL de água destilada (V_{final}). O extrato de folhas foi filtrado, e o líquido resultante foi recolhido em um tubo do tipo "Falcon" identificado. Finalmente, o teor de potássio foliar recuperado no extrato foi analisado pelo método padrão da espectrometria de emissão óptica, utilizando-se um ICP-OES (Silva, 2009) e também pelo método potenciométrico alternativo utilizando-se o um Medidor portátil seletivo para K (LAQUAtwin® K-11). Este segundo método de determinação foi repetido em triplicata. Os valores de leitura dos teores de potássio ($L_{média}$) foram convertidos em resultados de teor de potássio nas folhas de soja (K (g/kg) utilizando-se a fórmula:

$$K_{(g/kg)} = \frac{L_{média} \times \left(\frac{V_{final}}{M_{folhas}} \right)}{1000}$$

Os teores de K obtidos pelos métodos de determinação foram submetidos à análise de normalidade, variância e retirada de outliers. Por fim, foram aplicados os testes de correlação de Pearson para identificar o grau de força da correlação.

Resultados e Discussão

Das 240 amostras, foi selecionada uma população final de 217 amostras pelos procedimentos estatísticos utilizados, sendo 23 resultados considerados outliers. O conjunto de dados selecionado e

submetido à análise de variância (Anova) apresentou resultado não significativo para os métodos analíticos empregados para a quantificação do potássio.

Os resultados dos teores de potássio nas amostras de folhas de soja analisadas variaram de $0,7 \text{ g kg}^{-1}$ até $4,9 \text{ g kg}^{-1}$, valores considerados deficientes, suficientes e até mesmo altos para o potássio foliar.

A Figura 1 apresenta o modelo matemático que representa a correlação entre os métodos avaliados, que é dado pela equação: $y = 0,94x + 0,002$, onde: y representa os valores obtidos pelo equipamento portátil contendo eletrodo seletivo para K, e x corresponde aos valores obtidos pelo método padrão espectrofotométrico (análise de K total). Essa equação descreve uma relação linear positiva entre os dois conjuntos de dados, o que indica que, à medida que os valores do método de referência aumentam, os valores registrados pelo medidor portátil acompanham essa variação de forma proporcional. A presença de um coeficiente linear próximo de 1 e um termo independente muito próximo de zero reforça a linearidade e a estabilidade da relação entre os métodos.

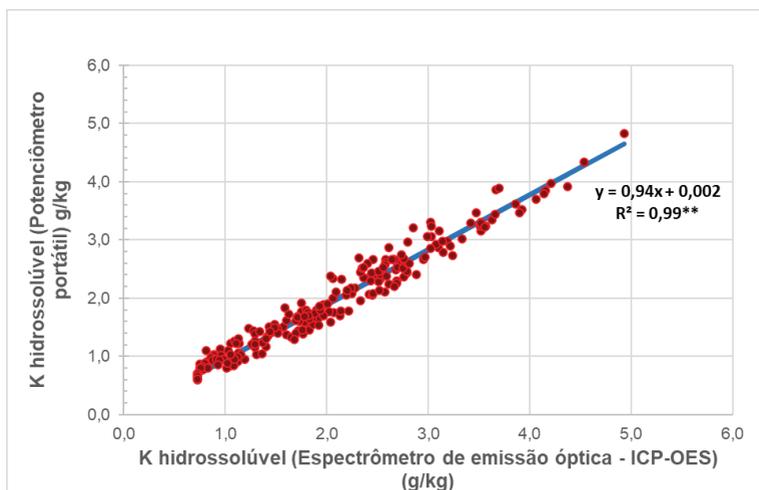


Figura 1. Correlação entre os níveis de K^+ hidrossolúveis determinados pelo método padrão espectrofotométrico (ICP-OES) e pelo método potenciométrico utilizando o equipamento portátil contendo um eletrodo seletivo para K^+ (LAQUAtwin® K-11).

O coeficiente de correlação de Pearson foi positivo e significativo, da ordem de 0,99, valor considerado alto para a correlação entre os dois métodos (Figura 1).

O coeficiente angular da reta, igual a 0,94, revela uma alta concordância entre os valores obtidos pelas duas metodologias, indicando que o equipamento portátil tem desempenho comparável à análise padrão (Figura 1). Essa proximidade entre os resultados evidencia a robustez do sensor com eletrodo seletivo e sua capacidade de fornecer medições confiáveis de K em solução, mesmo fora do ambiente laboratorial. Além disso, a boa correlação observada contribui para validar o uso do dispositivo portátil como uma alternativa viável, eficiente e tecnicamente adequada para análises em tempo real, diretamente no campo.

Assim, o medidor portátil seletivo para K (LAQUAtwin® K-11) pode ser utilizado para a determinação do K hidrossolúvel a campo de forma rápida e com confiabilidade, através da metodologia desenvolvida pela Embrapa (Fast-K).

Conclusão

Os resultados confirmam que o medidor portátil seletivo para K (LAQUAtwin® K-11) é uma ferramenta eficaz para a determinação rápida e confiável do potássio hidrossolúvel em tecido vegetal, especialmente em condições de campo. A tecnologia FAST-K pode ser empregada como alternativa de baixo custo para o monitoramento a campo da nutrição potássica da soja.

Referências

MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 3. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. 275 p.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 284 p.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. E-book.

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. 347 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).

SILVA, F. C. da (ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627 p.

Fluxo de ar descendente produzido por drone de pulverização agrícola com diferentes velocidades de trabalho

Rogério Scherlowski Filho⁽¹⁾, Emily Matsubara Medeiros⁽²⁾, Amanda Rodrigues⁽³⁾, Nicoly Barros Ferreira⁽⁴⁾, Gabriela Bes⁽⁵⁾, Ana Júlia Tanko Ribeiro⁽⁶⁾, Nathalia Cuesta dos Santos⁽²⁾, Roberto Rocha Czech⁽⁷⁾, José Renato Bouças Farias⁽⁸⁾, Fernando Storniolo Adegas⁽⁸⁾, Rafael Moreira Soares⁽⁸⁾, Samuel Roggia⁽⁸⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Norte do Paraná, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Federal de Mato Grosso, bolsista de inovação Embrapa/FAPED, Cuiabá, MT. ⁽³⁾ Bióloga, mestre, bolsista DTC-D/CNPq, Londrina, PR. ⁽⁴⁾ Engenheira-agrônoma, assistente de biotecnologia do Grupo Don Mario, Cambé, PR. ⁽⁵⁾ Engenheira-agrônoma, pesquisadora visitante da Kansas State University, Manhattan, KS, EUA. ⁽⁶⁾ Engenheira-agrônoma, estudante de mestrado, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR. ⁽⁷⁾ Engenheiro-agrônomo, diretor comercial da Megadrone Brasil, Campo Grande, MS. ⁽⁸⁾ Engenheiro-agrônomo, doutor, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

O uso de drones para pulverização agrícola tem expandido expressivamente a cada ano, consolidando-se como uma tecnologia promissora em escala global (Soares; Schröder, 2025). A viabilidade econômica da prestação de serviço de pulverização com drone está diretamente relacionada com o rendimento operacional, o qual é influenciado pela velocidade de trabalho do equipamento. A velocidade máxima de trabalho é limitada por características técnicas do drone e operacionalmente pela busca de melhor eficiência energética. No entanto, a velocidade de trabalho do drone pode interagir com a qualidade da pulverização realizada, sendo relevante estudar essa interação visando garantir a qualidade das pulverizações, reduzir risco de deriva e aumentar a eficiência de controle fitossanitário.

Diferentes velocidades de trabalho são obtidas pela variação da velocidade de giro das hélices e inclinação horizontal do drone. Em consequência do giro das hélices, para manter a sustentação e proporcionar deslocamento do drone, é produzido um fluxo de ar descendente conhecido como efeito “downwash” (Soares; Schröder, 2025). Esse fluxo de ar pode aumentar a penetração da calda de pulverização para o interior do dossel dos cultivos agrícolas, pela redução da resistência do topo do dossel e pela projeção ativa da calda

de pulverização (Chen et al., 2021). A maior penetração de calda para o interior do dossel dos cultivos agrícolas pode melhorar a eficiência de controle dos produtos fitossanitário utilizados.

Nesse contexto, foi conduzido um experimento com o objetivo de estudar a influência de diferentes velocidades de trabalho de um drone de pulverização agrícola sobre a velocidade do fluxo de ar incidente no topo do dossel de lavoura de soja e uniformidade da distribuição espacial de gotas na planta, no contexto de duas taxas de aplicação (volume de calda/ha) habitualmente utilizados em pulverizações de inseticidas e fungicidas.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Embrapa Soja, Londrina, PR. Os tratamentos consistiram na pulverização realizada com drone em duas velocidades de trabalho e duas taxas de aplicação (volumes de calda/ha). Foram estudados os volumes de calda de 6 e 12 L/ha e as velocidades de 6 e 12 m/s (21,6 e 43,2 km/h). Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. A pulverização foi realizada no dia 16/01/2024, sobre parcelas de 15 x 100 m, com área útil de 15 x 25 m centrais. O sentido da pulverização foi norte-sul, com ângulo de aproximadamente 355° em relação à orientação norte.

Foi utilizado um drone de pulverização agrícola da marca XAG, modelo P100 PRO. No sistema operacional do drone foi selecionado o espectro de gotas de 100 micras e altura de voo de 4,5 m, com faixa de aplicação esperada de 8 m de largura. A pulverização foi realizada em parcelas de soja com a cultivar BRS 544RR, no estádio R5.1, que corresponde ao início da formação de grãos. A calda utilizada foi preparada com 1 kg/ha do inseticida biológico Xentari® (54% de *B. thuringiensis* subespécie *aizawai* cepa ABTS-1857), associado a 2 mL/L do adjuvante Silwet* ECO. Foi adicionado à calda o corante fluorescente LUXCOR 100 LRM (laranja amarelado), na dose de 6g/L.

Na área útil de cada parcela, foram instalados três anemômetros em posição horizontal (Figura 1), fixados a uma plataforma metálica a 82 cm do solo, acima do dossel da cultura da soja. O objetivo da instalação dos anemômetros foi registrar a velocidade do vento produzido pelas hélices do drone durante a pulverização. Foram usados anemômetros das marcas/modelos Instrutherm THAL-300, Kestrel

1000, Instrutemp ITAN-700. Imediatamente após a pulverização foi realizada a leitura e anotação da velocidade máxima de vento registrada pelos anemômetros.

Em cada parcela foi realizada coleta de 80 folíolos do topo do dossel e 80 folíolos da porção média da planta. A coleta foi realizada de forma sistematizada em uma grade de 10 x 8 pontos. Sendo consideradas 10 linhas de soja alternadas, com espaçamento de 90 cm entre linhas amostradas. Ao longo de cada linha foi realizada coleta de folíolos em 8 pontos espaçados em 1 m entre si. Em laboratório foram obtidas fotos da face abaxial e adaxial de cada folíolo em campo. Para tal, foi utilizada uma câmara escura com suprimento de luz negra, afim de destacar as gotas depositadas sobre o folíolo contendo o corante fluorescente. Posteriormente, foi realizada a contagem do número de gotas em cada folíolo.

Os dados ambientais de temperatura e umidade do ar, velocidade e direção do vento, foram obtidas da Estação Meteorológica da Embrapa Soja, localizada na latitude 23°11'37" S, longitude 51°11'03" O e altitude 630m, para o dia 16/01/2024, para o horário de cada pulverização realizada.

Os dados de velocidade do fluxo de ar incidente sobre o dossel da soja e número de gotas por folíolo foram submetidos à análise exploratória para retirada de outliers, pelo método de boxplot. Em seguida, os dados foram transformados, elevando-se cada valor a um expoente mais adequado, visando otimizar a homogeneidade das variâncias e atender ao pressuposto de distribuição normal dos dados, também visando reduzir em módulo a curtose e assimetria dos dados, aproximando-as de zero. Em seguida, os dados transformados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Visando analisar a uniformidade da distribuição espacial de gotas na planta foi calculado: (1) o coeficiente de variação do número de gotas para cada tratamento e estrato da planta (variabilidade horizontal); (2) a taxa (%) de gotas na face inferior da folha (abaxial) em relação a face superior (adaxial) (variabilidade na folha); e (3) a taxa de gotas (%) no estrato médio em relação ao topo do dossel (variabilidade vertical).



Figura 1. Anemômetros utilizados e seu posicionamento em campo para a coleta de dados da velocidade do fluxo de ar descendente produzido por drone de pulverização, com diferentes velocidades de trabalho. Londrina, PR, safra agrícola 2023/2024.

Resultados e Discussão

Foi observado que a velocidade do fluxo de ar incidente sobre o dossel da cultura da soja não é influenciada pela taxa de aplicação (volume de calda/ha) (Tabela 1). Porém, é influenciada pela velocidade de deslocamento do drone, sendo em média de 2,41 m/s na menor velocidade de deslocamento do drone (6 m/s) e de 1,06 m/s na maior velocidade de deslocamento do drone (12 m/s). O que representa

uma velocidade de vento incidente 2,3 vezes maior na velocidade de deslocamento de 6 m/s.

Tabela 1. Velocidade do fluxo de ar incidente no dossel da cultura da soja associados a diferentes velocidades de deslocamento do drone e taxas de aplicação (volume de calda/ha), e descrição dos parâmetros ambientais associados a cada tratamento. Londrina, PR, safra agrícola 2023/2024.

Tratamentos			Parâmetros ambientais associados aos tratamentos ¹				Velocidade do fluxo de ar no dossel (m/s) ³
Velocidade do drone (m/s)	Volume de calda (L/ha)	Horário da pulverização	Velocidade do vento (m/s) ²	Direção do vento (°)	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	
6	12	10h40	2,3 (4,3)	10	30,5	73,8	2,39 a
12	12	10h45	2,0 (4,0)	345	30,4	74,5	1,09 b
6	6	10h55	1,7 (4,0)	337	30,0	77,9	2,42 a
12	6	11h00	2,0 (4,3)	4	30,2	74,8	1,03 b
Média			2,0 (4,2)	354	30,3	75,3	1,73

1. Dados obtidos da Estação Meteorológica da Embrapa Soja, para o dia 16/01/2024. 2 Entre parênteses é apresentada a velocidade da rajada de vento. 3 Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância; coeficiente de variação: 0,27%; p-valor: <0,000.

O resultado confirma uma hipótese prévia de que, com o aumento da velocidade de deslocamento do drone, há redução da velocidade do fluxo de ar incidente sobre o dossel da cultura. Os dados do presente experimento indicam que, nas condições deste estudo, há uma relação inversamente proporcional entre a velocidade de deslocamento do drone e a velocidade do fluxo de ar incidente no dossel da cultura.

Guo et al. (2025) demonstraram que o aumento da velocidade de voo do drone modifica a inclinação do fluxo descendente, que é direcionado para trás, aumentando a deriva, especialmente de gotas menores. Esse fenômeno foi observado no presente estudo, no qual velocidades mais altas de deslocamento (12 m/s) resultaram em menor velocidade de vento incidente vertical no dossel, reduzindo o potencial de penetração da pulverização.

O trabalho de Tang et al. (2021) mostrou que o fluxo descendente gerado por helicópteros não tripulados é significativamente afetado pela altura de aplicação e pela direção do vento lateral, gerando assimetrias no padrão de deposição. Os autores observaram que alturas

mais baixas, como 1,5 m, potencializam a interação entre vórtices e ventos laterais, promovendo redistribuição não uniforme das gotas.

É importante considerar que, no presente experimento, a direção do vento (354° norte) foi aproximadamente paralela ao sentido de deslocamento do drone (355° norte-sul). Isso deveu-se às dimensões e posicionamento da área experimental, que determinou a demarcação das parcelas no sentido norte-sul e condicionou o deslocamento do drone nesse mesmo sentido. Porém recomenda-se que o sentido do deslocamento do drone seja o mais perpendicular possível à direção do vento (Machado, 2024). Assim, convém que o presente estudo seja realizado em diferentes condições de ângulo entre o sentido do vento e a direção de deslocamento do drone.

Os dados de número de gotas por folíolo (Tabela 2) indicam número médio de gotas um pouco maior no topo do dossel da soja (72 gotas/folíolo) em relação ao estrato médio (45 gotas/folíolo). A concentração de gotas no topo do dossel é habitualmente observada nas pulverizações agrícolas, porém a pulverização com drone pode melhorar a distribuição da calda ao longo do dossel, reduzindo a diferença entre o depósito de calda do estrato superior em relação ao interior do dossel da soja, como observado por Oliveira et al. (2021) estudando comparativamente a aplicação com drone e tatorizada. Estes pesquisadores observaram que a pulverização com drone proporcionou depósito de calda nas folhas do estrato médio equivalente a 84% do depósito das folhas do topo do dossel.

No presente estudo foi avaliado o número de gotas/folíolo, que, apesar de ser um parâmetro diferente do depósito de calda, também é um indicador da distribuição de calda em diferentes estratos da planta. Na média dos tratamentos foi observada taxa de 63% das gotas no estrato médio do dossel da soja em relação ao superior, porém com expressiva variação entre os tratamentos. Indicando que os parâmetros de aplicação podem afetar a distribuição de gotas ao longo do dossel da cultura. Taxas de gotas no estrato médio próximas a 100% indicam melhor distribuição da calda na planta, sendo que os melhores resultados foram observados com a menor velocidade de deslocamento do drone (6 m/s) com taxa de 74% e 103%. Nesse último caso (103%) foi observado número de gotas equivalente entre o estrato médio e superior e foi obtido com o volume de calda de 6 L/ha.

Tabela 2. Variabilidade do número de gotas por folíolo de soja associada a diferentes velocidades de deslocamento do drone e taxas de aplicação (volumes de calda/ha). Londrina, PR, safra agrícola 2023/2024.

Trat. ¹		Número médio de gotas por folíolo no topo do dossel da soja					C.V. (%) ²	Número médio de gotas por folíolo no estrato médio do dossel da soja				C.V. (%) ²	Taxa de gotas (%) no estrato médio/superior
Vel.	Vol.	Abaxial	Adaxial	Total	Ab/Ad ³	Abaxial		Adaxial	Total	Ab/Ad ³			
6	12	43 a	56 a	99 a	77	68	38 a	35 a	73 a	109	76	74	
12	12	27 b	45 a	73 b	60	87	22 b	27 b	48 b	81	107	66	
6	6	17 c	21 b	38 c	81	75	19 bc	20 c	39 c	95	63	103	
12	6	48 a	30 b	78 b	160	80	11 c	9 d	20 d	122	97	26	
Média		34	38	72	89	77	22	23	45	96	86	63	
C.V. (%) ⁴		18	29	10	-	-	29	20	15	-	-	-	

1 Trat. = descrição dos tratamentos, sendo "Vel." a velocidade de deslocamento do drone (m/s) e "Vol." O volume de cada de pulverização (L/ha). 2 C.V. = coeficiente de variação (%) referente ao total de gotas/folíolo (n=80). 3 Ab/Ad = taxa (%) de gotas na face inferior da folha (abaxial) em relação a face superior (adaxial). 4 C.V. = coeficiente de variação (%) referente a comparação entre os tratamentos, a partir da média de 8 amostras da cada uma das 10 linhas amostradas (n=10), médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

De modo geral foi observado maior número de gotas nos tratamentos com maior volume de calda (12 L/ha). Sendo que houve redução significativa do número de gotas/folíolo, em ambos estratos da planta (médio e superior), com o aumento da velocidade de deslocamento de 6 m/s para 12 m/s, nas aplicações realizadas com volume de calda de 12 L/ha. É importante destacar que o maior número de gotas associado ao maior volume de calda/ha não significa maior aporte de produto fitossanitário, como discutido por Oliveira et al. (2021). Pois em pulverizações agrícolas, a calda é preparada com quantidade de produto por área, independente do volume de calda/ha. Assim a calda preparada para aplicação com volume de 6 L/ha tem o dobro da concentração de produtos fitossanitários de uma calda preparada para aplicação de 12 L/ha.

A análise da uniformidade de distribuição horizontal de gotas por folíolo indica variabilidade (CV%) do número de gotas um pouco maior no estrato médio (86%) do que no superior (77%) do dossel da cultura. Com exceção do tratamento com velocidade de 6 m/s e volume de calda de 6 L/ha. A menor variabilidade no número de gotas foi

observada para os tratamentos aplicados a 6 m/s, indicando que o maior efeito “downwash” (Tabela 1) não aumentou a variabilidade de distribuição espacial das gotas na cultura. O efeito “downwash” gera turbulência no ar e na calda de pulverização conforme esta é dispensada pela ponta de aplicação do drone, no entanto, ao longo do seu trajeto, até atingir o dossel da cultura, ocorre a dispersão lateral das gotas e estabilização da turbulência (Tang et al., 2021; Guo et al., 2025). Neste contexto, é importante o correto ajuste da altura de aplicação para proporcionar espaço suficiente para a estabilização da distribuição espacial de gotas.

No presente estudo foi observado, em média, maior número de gotas na face superior (adaxial) da folha de soja do que na face inferior (abaxial). Não foi observada uma relação clara da taxa (%) de gotas abaxial/adaxial com os volumes de calda/ha ou com as velocidades de deslocamento. O tratamento com maior taxa (160% e 122%) foi a combinação de velocidade de deslocamento de 12 m/s e volume de calda de 6 L/ha. Os tratamentos aplicados a 6 m/s resultaram em taxas intermediárias, mas próximas a equivalência entre número de gotas na face abaxial e adaxial. O fluxo de ar incidente sobre o dossel da cultura (efeito “downwash”) proporciona movimentação das folhas e pode contribuir para maior exposição da face inferior desta à calda de pulverização. Atingir diretamente a face inferior da folha é relevante principalmente para a pulverização de produtos fitossanitários de contato sobre alvos que utilizam predominantemente a face adaxial da folha, como alguns patógenos, ácaros, tripes e mosca-branca.

A uniformidade da distribuição espacial da calda de pulverização é altamente desejável e pode contribuir para a melhor eficiência de controle fitossanitário, considerando que muitos dos alvos ocorrem de forma concentrada no estrato médio ou inferior. Como exemplo, algumas espécies de lagartas, percevejos, tripes e ácaros, e doenças foliares, sendo que alguns destes alvos ocorrem ou utilizam predominantemente na face inferior (abaxial) da folha. Também no caso de aplicação de herbicida pode ocorrer efeito guarda-chuva, em que plantas pequenas ficam protegidas abaixo de plantas maiores ou do próprio cultivo, o que acarreta em maior dificuldade de serem atingidas pela pulverização de herbicida podendo reduzir a eficiência de controle destas. Assim é importante a utilização de tecnologia de aplicação que proporcione maior penetração de calda para o interior

do dossel da cultura, também que tenha boa uniformidade de distribuição horizontal e em ambas as faces da folha.

Conclusão

A velocidade do fluxo de ar incidente sobre o dossel da cultura de soja, gerado pelas hélices de drone de pulverização agrícola, é inversamente proporcional à sua velocidade de trabalho, na condição de deslocamento paralelo à direção do vento. A taxa de aplicação (volume de calda/ha) não interfere na velocidade do fluxo de ar incidente sobre o dossel da cultura. A redução da velocidade de trabalho do drone melhora a uniformidade de distribuição espacial de gotas de pulverização, horizontalmente ao longo da parcela e verticalmente entre o estrato superior e médio da planta de soja.

Referências

- CHEN, H. B.; LAN, Y. B.; FRITZ, B. K.; HOFFMANN, W. C.; LIU, S. B. Review of agricultural spraying technologies for plant protection using unmanned aerial vehicle (UAV). **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 14, n. 1, p. 38-49, 2021. DOI: 10.25165/j.ijabe.20211401.5714.
- GUO, Q.; ZHU, Y.; TANG, Y.; HOU, C.; FANG, M.; CHEN, X. Numerical simulation of the effects of downwash airflow and crosswinds on the spray performance of quad-rotor agricultural UAVs. **Smart Agricultural Technology**, v. 11, 100940, 2025. DOI: 10.1016/j.atech.2025.100940.
- MACHADO, A. W. Condições climáticas ideais para a aplicação aérea de defensivos. **Agrolink**, 18 jan, 2024. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/tecnologia-de-aplicacao/aplicacao-aerea/condicoes-climaticas-ideais-para-a-aplicacao-aerea-de-defensivos_480447.html. Acesso em: 30 maio 2025.
- OLIVEIRA, V. R. de; BASSETTO FILHO, J. J.; ESTABELE, D. L.; GOMES, L. R. O.; PINHO, C. A.; MATULAITIS, A. K. Y.; ADEGAS, F. S.; SOARES, R. M.; ROGGIA, S. Depósito de inseticida em diferentes estratos da planta de soja obtido na pulverização com drone. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 16., 2021, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2021. p. 157-162. (Embrapa Soja. Documentos, 440).
- SOARES, R. M.; SCHRÖDER, E. P. **Uso de drones agrícolas no Brasil: da pesquisa à prática**. Londrina: Embrapa Soja, 2025. 83 p. (Embrapa Soja. Documentos, 474).
- TANG, Q.; CHEN, L.; ZHANG, R.; DENG, W.; XU, M.; XU, G.; LI, L.; HEWITT, A. Effects of application height and crosswind on the crop spraying performance of unmanned helicopters. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 181, 105961, 2021. DOI: 10.1016/j.compag.2020.105961.

Infecção por fungos entomopatogênicos em *Euschistus heros* e *Diceraeus melacanthus*, pragas da soja e do milho

Pedro Henrique Camillo⁽¹⁾, Bárbara Araujo⁽²⁾; Daniel Ricardo Sosa-Gómez⁽³⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Centro Universitário Filadélfia (UNIFIL), Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR. ⁽³⁾ Pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

Ao longo de seu ciclo produtivo, as culturas da soja e do milho podem ser atacadas por diferentes pragas, prejudicando seu desempenho agrônomico. Dentre os insetos de maior impacto econômico, destacam-se o percevejo-marrom, *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) e o percevejo-barriga-verde, *Diceraeus melacanthus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae), que se consolidaram como as principais espécies de percevejos-praga no Brasil (Panizzi, 2015; Panizzi et al., 2022). Nativos da região neotropical, esses insetos demonstram elevada adaptabilidade às condições ambientais e de cultivo encontradas nas distintas regiões produtoras do país, o que favoreceu sua ampla distribuição.

Historicamente, o controle destas espécies tem sido realizado majoritariamente por meio da aplicação de inseticidas químicos. Contudo, o uso contínuo e muitas vezes indiscriminado desses produtos favorece a seleção de indivíduos resistentes, além de impactar negativamente organismos não-alvo e o meio ambiente. Diante disso, cresce a demanda por métodos de manejo mais sustentáveis e eficazes, com destaque para o controle biológico, especialmente por meio da utilização de fungos entomopatogênicos, que se apresentam como alternativa viável dentro do Manejo Integrado de Pragas (MIP).

Fungos que atacam insetos, chamados de fungos entomopatogênicos, podem infectar o percevejo-marrom. Entretanto, as doses requeridas para seu controle podem ser elevadas (Sosa-Gómez; Moscardi, 1998), uma vez que *E. heros* apresenta maior tolerância a doenças causadas por fungos quando comparada a outras espécies de percevejos como *Nezara viridula* (L.) e *Piezodorus guildinii* (Westwood).

O uso de fungos para o controle de percevejos tem sido uma prática recomendada comercialmente (Dalla Nora et al., 2021), entretanto

as informações de sua eficiência em condições de campo são muito escassas e usualmente as doses recomendadas estão aquém de alcançar a eficiência necessária para seu controle adequado. Uma forma de determinar o potencial de controle das diferentes espécies de entomopatógenos consiste em determinar a dose de conídios necessária para infectar e matar uma proporção de determinada população. Neste estudo serão verificados parâmetros associados a infecção de *E. heros* e *D. melacanthus* com o fungo *Metarhizium anisopliae* após a inoculação com suspensões aquosa e em óleo vegetal de soja.

Material e Métodos

Isolados de fungos entomopatogênicos

Os isolados foram obtidos da coleção de culturas da Embrapa Soja. Conídios dos fungos produzidos em meio de cultura BDA foram coletados mediante raspagem de colônias com duas semanas de idade. O material coletado foi suspenso em água com Tween 80 a 0,01 % por meio de agitação em vórtex e filtrado através de tecido de muselina. A suspensão de conídios resultante foi dividida em alíquotas e centrifugada em microcentrífuga Eppendorf a 12.000 g por 4 min, descartando-se o sobrenadante. Metade dos tubos com pellet foi resuspendida em água e a outra metade foi resuspendida em óleo de soja com o solubilizante e emulsificante. A viabilidade dos conídios era superior a 98%. As concentrações de conídios foram determinadas nas suspensões em água, utilizando-se a câmara de Neubauer, uma vez que não é possível fazer a quantificação na suspensão em óleo.

Bioensaios em percevejos

A inoculação dos percevejos foi realizada com cinco diluições seriadas das suspensões em água ou em óleo. Os volumes aplicados foram de 2 µL por percevejo. A aplicação em *E. heros* foi feita diretamente na região ventral dos insetos, entre as coxas, local onde a retenção da suspensão é maior devido ao número de dobras no tegumento, o que facilita a fixação dos propágulos do patógeno. Já a aplicação em *D. melacanthus* foi realizada sobre a parte membranaosa do hemiélitro, devido a que esta região apresenta menor hidrofobicidade; portanto, a retenção das microgotas é maior. Grupos de 15 insetos foram alocados em caixas de poliestireno de 11 cm x 11 cm x 3 cm, totalizando quatro repetições para cada tratamento tes-

tado (formulação aquosa + fungo e óleo + fungo), além dos respectivos grupos controle. Em todos os gerbox foram adicionadas duas vagens de feijão para alimentação ad libitum. A presença das vagens manteve a umidade relativa (\pm EPM) próxima à saturação ($97 \pm 0,07$). Após a morte os insetos foram mantidos em câmara úmida ($> 98\%$) para obter a mortalidade confirmada pela infecção pelo patógeno.

Desenho experimental e análise estatística

O desenho experimental foi totalmente aleatorizado. Os resultados de mortalidade confirmada foram analisados aplicando-se ANOVA, comparação de médias pelo teste de Student Newman Keuls e análise de probit por meio do programa PoloPlus (LeOra Software, c2016) para a estimativa da concentração letal média.

Resultados e Discussão

Os valores de mortalidade observados após a aplicação tópica de suspensões de conídios em água não foram suficientes para estimar a concentração letal média do isolado Ma12, uma vez que a máxima mortalidade observada foi de 28,9 % dos indivíduos. Já para as aplicações de conídios em óleo, a mortalidade confirmada máxima foi de 76,9 % e o valor de concentração letal média estimada após dez dias da aplicação foi de 8.500 ($IC_{0,95} = 4.079- 14.365$) conídios por adulto de *E. heros*.

Constatou-se que as maiores taxas de infecção foram obtidas na inoculação realizada com conídios suspensos no óleo de soja (Figuras 1 e 2), quando em comparação com a suspensão aquosa. Aparentemente, *D. melacanthus* é mais tolerante à infecção por *M. anisopliae*. Essa maior tolerância que *E. heros* foi observada também aos inseticidas convencionais (Sosa-Gómez et al., 2020). A determinação da umidade no interior das caixas plásticas utilizadas nos bioensaios permite inferir que os níveis de umidade nos quais são alcançadas elevadas taxas de infecção, dificilmente são constatadas no campo. Portanto, estratégias devem ser delineadas para contornar essa limitação.

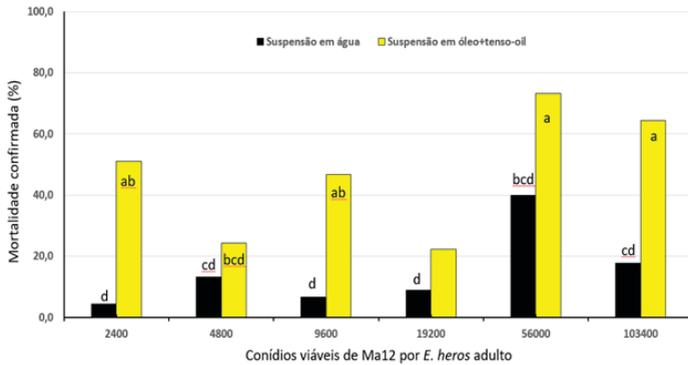


Figura 1. Mortalidade confirmada (com sinais da infecção) de *Euschistus heros* tratados por meio de aplicação tópica de suspensões aquosas e em óleo. Colunas seguidas de letra diferentes diferem pelo teste de Student Newman Kelus ($p < 0,05\%$).

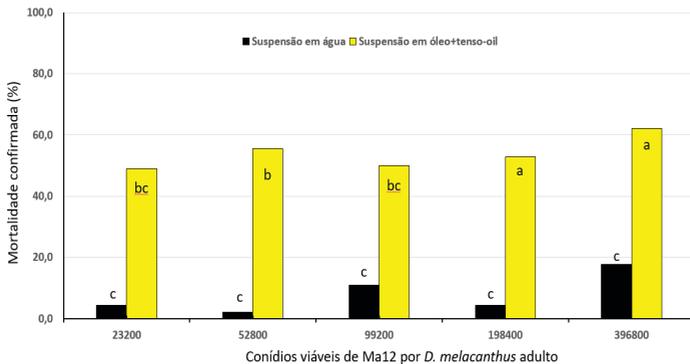


Figura 2. Mortalidade confirmada (com sinais da infecção) de *Diceraeus melacanthus* tratados por meio de aplicação tópica de suspensões aquosas e em óleo. Colunas seguidas de letra diferentes diferem pelo teste de Student Newman Kelus ($p < 0,05\%$).

Os resultados obtidos demonstraram que a formulação oleosa de conídios de *Metarhizium anisopliae* (isolado Ma12) apresenta um desempenho significativamente superior à formulação aquosa na infecção de *Euschistus heros*, tanto em termos de mortalidade quanto na expressão dos sinais de infecção pelo fungo. A maior eficácia pode estar associada à capacidade do óleo de soja em promover maior adesão dos conídios ao tegumento dos insetos, além de mitigar os efeitos negativos das limitações de umidade, condição não rara no ambiente de campo. Apesar da menor suscetibilidade observada em

D. melacanthus, a formulação oleosa ainda representa uma estratégia para o uso do controle biológico com fungos entomopatogênicos. No entanto, considerando que as condições de umidade ideais para a infecção dificilmente são encontradas em campo é essencial o desenvolvimento de tecnologias e estratégias de formulação e aplicação que maximizem a eficiência desses agentes em ambientes agrícolas. Assim, formulações em óleo representam uma alternativa viável para aumentar a eficácia do controle microbiano, contribuindo para a sustentabilidade do manejo de pragas.

Conclusão

A suspensão dos conídios de *M. anisopliae* em óleo de soja favorece a infectividade em *E. heros* e *D. melacanthus*. *Diceraeus melacanthus* apresentou maior tolerância que *E. heros* à ação de *M. anisopliae*.

Referências

DALLA NORA, D.; PIOVESAN, B. C.; BELLÉ, C.; STACKE, R. S.; BALARDIN, R. R.; GUEDES, J. V. C.; MICHAUD, J.P.; JACQUES, R. J. S. Isolation and evaluation of entomopathogenic fungi against the neotropical brown stink bug *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) under laboratory conditions. **Biocontrol Science and Technology**, v. 31, n. 1, p. 22-34, 2021.

LEORA SOFTWARE LLC. **PoloPlus software**. c2016. Disponível em: <https://leora-software.com/>. Acesso em: 12 jun. 2025.

PANIZZI, A. R. Growing problems with stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae): species invasive to the US and potential Neotropical invaders. **American Entomologist**, v. 61, n. 4, p. 223-233, 2015.

PANIZZI, A. R.; LUCINI, T.; ALDRICH, J. R. Dynamics in pest status of phytophagous stink bugs in the Neotropics. **Neotropical Entomology**, v. 51, n. 1, p. 18-31, 2022.

SOSA-GOMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; KRAEMER, B.; PASINI, A.; HUSCH, P. E.; VIEIRA, C. E. D.; MARTINEZ, C. B. R.; LOPES, I. de O. N. Prevalence, damage, management and insecticide resistance of stink bug populations (Hemiptera: Pentatomidae) in commodity crops. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 22, n. 2, p. 99-118, 2020.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; MOSCARDI, F. Laboratory and field studies on the infection of stink bugs, *Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii*, and *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) with *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* in Brazil. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 71, n. 2, p. 115-120, 1998.

Avaliação de características agrônômicas de híbridos de girassol para pássaros cultivados em Londrina, PR, safra 2024/2025

Guilherme Alan Lima Zandonadi⁽¹⁾, Claudio Guilherme Portela de Carvalho⁽²⁾, Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite⁽²⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Engenheiro-agrônomo, doutor, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

O girassol representa uma alternativa promissora para diversificação nos sistemas de sucessão e de rotação de culturas, especialmente como opção de segunda safra de verão. No entanto, a área destinada ao cultivo de girassol no Brasil ainda é modesta, totalizando cerca de 67,4 mil hectares na safra 2024/2025, com maior concentração nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e no Distrito Federal (Conab, 2025).

Os grãos de girassol são utilizados principalmente para a extração de um óleo de alta qualidade, voltado sobretudo à indústria alimentícia e ao consumo humano, na forma de óleo refinado (Castro; Leite, 2018). Além das cultivares para extração de óleo, existem também as chamadas cultivares “não oleosas”, cujas sementes são maiores, apresentam coloração rajada ou estriada, e possuem casca mais fibrosa - representando de 40% a 45% do peso da semente - facilmente removível (Carrão-Panizzi; Mandarino, 2005). Essas sementes são indicadas para a alimentação de pássaros domésticos.

Para que o cultivo de girassol se expanda no país, é fundamental a disponibilidade de cultivares adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas. Nesse sentido, a pesquisa tem avançado por meio da Rede de Ensaio de Avaliação de Genótipos de Girassol, coordenada pela Embrapa Soja, em parceria com instituições públicas e privadas. O principal objetivo dessa rede é avaliar genótipos de girassol destinados a diferentes finalidades, em distintas regiões agrícolas do Brasil.

Este trabalho tem como objetivo avaliar as características agrônômicas de diferentes genótipos de girassol voltados à alimentação de pássaros, além do rendimento de grãos e de óleo, cultivados em Londrina, PR, durante a safra 2024/2025.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Soja, em Londrina, PR (coordenadas geográficas: 23°11'37" S, 51°11'03" W; altitude: 630 m), em um Latossolo Roxo eutrófico previamente cultivado com aveia. Foram avaliados seis híbridos de girassol para alimentação de pássaros nos Ensaio Finais de Segundo Ano (EFP2), pertencentes à Rede de Ensaio de Avaliação de Genótipos de Girassol, durante a safra 2024/2025.

A semeadura do ensaio foi realizada em 13/09/2024, utilizando um delineamento experimental em blocos completos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela foi composta por quatro linhas de 6 metros de comprimento, espaçadas de 0,7 m. Para as avaliações agrônômicas e a colheita, foram descartadas as duas linhas externas e 0,5 metro das extremidades das linhas centrais, resultando em uma área útil de 4,5 m² por parcela.

A adubação de base foi feita com 300 kg/ha da fórmula NPK 10-20-20, seguida por adubação de cobertura com 125 kg/ha de ureia e 12 kg/ha de ácido bórico. A emergência das plantas ocorreu em 20/09/2024. Os tratamentos culturais foram realizados conforme as recomendações específicas para a cultura do girassol (Castro; Leite, 2018), visando garantir o bom desenvolvimento das plantas.

A colheita foi realizada na primeira quinzena de janeiro de 2025, de acordo com o ponto de maturação de cada cultivar. As seguintes características foram avaliadas: estande final de plantas, floração inicial (dias), maturação fisiológica (dias), altura de planta (cm), diâmetro de capítulo (cm), rendimento de grãos (kg/ha), teor de umidade (%), teor de óleo (%) e rendimento de óleo (kg/ha).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Genes (Cruz, 2001).

Resultados e Discussão

O experimento de avaliação de sete híbridos de girassol apresentou desempenho agrônômico satisfatório, favorecido pelas condições climáticas adequadas durante o ciclo da cultura. No campo experimental da Embrapa Soja, a precipitação pluviométrica acumulada

ao longo da safra foi de 589,9 mm (Tabela 1), valor que se enquadra na faixa considerada ideal para o pleno desenvolvimento do girassol. Segundo Castro e Farias (2005), uma lâmina de água entre 400 e 500 mm, desde que bem distribuída ao longo do ciclo, é geralmente suficiente para que a cultura atinja rendimentos próximos ao seu potencial produtivo máximo.

Tabela 1. Precipitação pluviométrica verificada em Londrina, PR, no período de setembro de 2024 a janeiro 2025.

Mês/Ano	Valores do decêndio (mm)			
	01-10	11-20	21- 31	Total mensal
Setembro/2024	...	28,0	20,9	48,9
Outubro/2024	33,2	5,3	9,0	47,5
Novembro/2024	94,8	1,6	78,8	175,2
Dezembro/2024	113,5	76,3	7,4	197,2
Janeiro/2025	20,7	100,4	...	121,1
Total	589,9

Observou-se diferença significativa entre os genótipos para a maioria dos componentes de rendimento, exceto para maturação fisiológica e altura de planta (Tabela 2). Os híbridos BRS G87 e BRS G88 destacaram-se por apresentarem os maiores rendimentos de grãos e de óleo (Tabela 2), com desempenho semelhante ao da testemunha BRS 323 e superiores à produtividade média nacional, que foi de 1.470 kg/ha na safra 2024/2025 (Conab, 2025). O híbrido BRS G89 também apresentou bom rendimento de grãos.

Tabela 2. Avaliação de características agronomicas de híbridos de girassol do Ensaio Final de Segundo Ano - safra 2024/2025, conduzido pela Embrapa Soja, em Londrina, PR.

Híbridos	Rendimento de grãos (kg/ha)	Teor de óleo (%)	Rendimento de óleo (kg/ha)	Floração inicial (dias)	Maturação fisiológica (dias)	Altura de planta (cm)	Diâmetro de capítulo (cm)
BRS 323	2467,0 a	40,1 b	992,0 a	50,5 c	70,0 a	156,5 a	18,2 a
BRS G87	2452,5 a	41,0 b	1007,3 a	51,5 b	70,7 a	154,2 a	20,0 a
BRS G88	2283,2 a	38,2 b	874,5 a	50,5 c	70,2 a	156,7 a	18,7 a
BRS G89	2156,2 a	37,7 b	814,8 b	50,0 c	70,0 a	152,7 a	19,5 a
BRS G90	1799,8 b	41,1 b	749,0 b	51,7 b	71,0 a	159,5 a	17,2 b
Helio250	1722,5 b	43,6 a	752,3 b	53,5 a	73,0 a	160,5 a	17,7 b
BRS G91	1573,3 b	44,9 a	703,5 b	52,0 b	71,5 a	155,2 a	16,0 b
Média	2064,9	41,0	841,9	51,4	70,9	156,5	18,2
C.V. (%)	15,0	6,0	17,9	1,9	1,6	2,4	5,8

C.V. (%): coeficiente de variação; médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade

Os híbridos BRS G87, BRS G88 e BRS G89 demonstraram versatilidade de uso, sendo indicados tanto para a produção de óleo comestível quanto para alimentação de pássaros. Essa característica é semelhante à observada no híbrido M 734, que possui aquênios estriados e teor médio de óleo de 37% (Carvalho et al., 2014), tendo sido, à época, uma das cultivares mais cultivadas no país devido à boa aceitação nos mercados de sementes para pássaros e na indústria de extração de óleo. Para o mercado de óleo, teores próximos a 40% são considerados ideais, enquanto, no segmento de alimentação de pássaros, teores inferiores a esse valor podem ser desejáveis, especialmente em aquênios com coloração rajada ou estriada (Carrão-Panizzi; Mandarino, 2005).

Apesar de apresentarem os maiores teores de óleo, a testemunha Helio 250 e o híbrido BRS G91 não alcançaram bons rendimentos de grãos nem de óleo, limitando seu potencial produtivo.

Além dos elevados rendimentos, os híbridos BRS G87, BRS G88 e BRS G89 apresentaram ciclo e altura de planta semelhantes às testemunhas BRS 323 e Helio 250, que são consideradas mais precoces e de menor porte em comparação a outros híbridos disponíveis no mercado. Essas características agrônômicas favorecem o manejo da lavoura e podem contribuir para o aumento da eficiência produtiva e do retorno econômico ao produtor.

Conclusão

Os híbridos BRS G87, BRS G88 e BRS G89 apresentaram boas características agrônômicas, aquênios rajados ou listrados, além de elevados rendimentos de grãos e de óleo, podendo ser utilizados para dupla finalidade: alimentação de pássaros e produção de óleo comestível.

Referências

- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G. Produtos protéicos do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. de (ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. cap. 4. p. 51-68.
- CARVALHO, C. G. P. de; SILVA, M. F. da; AMABILE, R. F.; GODINHO, V. de P. C.; OLIVEIRA, A. C. B. de; CARVALHO, H. W. L. de; RAMOS, N. P.; RIBEIRO, J. L. (ed.). **Informes da avaliação de genótipos de girassol 2012/2013 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 105 p. (Embrapa Soja. Documentos, 355).

CASTRO, C. de; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. de (ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. cap. 9. p. 163-218.

CASTRO, C. de; LEITE, R. M. V. B. de C. Main aspects of sunflower production in Brazil. **Oilseeds & fats Crops and Lipids (OCL)**, v. 25, n. 1, p. 2-11, 2018.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos, safra 2024/25, v. 12, n. 8 - oitavo levantamento, maio 2025. Brasília, DF, 2025. 119 p. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/8o-levantamento-safra-2024-25/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 05 jun. 2025.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648 p.

Alterações do processo infeccioso do vírus de poliedrose nuclear em *Spodoptera frugiperda* submetidas a 31°C e 34°C

Maria Eduarda Bono de Oliveira⁽¹⁾, Maria Cristina Neves de Oliveira⁽²⁾, Daniel Ricardo Sosa-Gómez⁽²⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Norte do Paraná, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

A lagarta-do-cartucho-do-milho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), é uma praga de importância agrícola que pode causar desfolhamento severo ou atacar as estruturas reprodutivas de diversas culturas, como milho, soja e algodão. Além disso, apresenta ampla distribuição geográfica, sendo originalmente restrita ao continente americano, mas expandindo-se recentemente para a África, Ásia e Oceania (Kenis et al., 2023).

Por se tratar de um organismo poiquilotérmico, cuja temperatura interna varia de acordo com as mudanças na temperatura do ambiente, o aumento da temperatura pode acelerar seu ciclo de vida, elevando o número de gerações anuais e, conseqüentemente, a pressão da praga sobre as lavouras. As mudanças climáticas observadas nas últimas décadas no Brasil têm potencial para provocar alterações significativas na flora, fauna e nas inter-relações entre os organismos (Chen et al., 2024; Menegassi et al., 2024; Zogahib et al., 2024). Os efeitos dessas mudanças sobre os insetos ainda são parcialmente desconhecidos, especialmente no que diz respeito às interações com seus patógenos naturais. Os patógenos de insetos despontam como ferramentas promissoras no controle biológico, devido à sua especificidade para pragas-alvo e ao baixo impacto ambiental. Essa especificidade os torna valiosos para o manejo integrado de pragas, permitindo um controle mais harmonioso e sustentável. A compreensão das correlações entre o aumento da temperatura global e a eficácia desses agentes permitirá identificar cenários nos quais seu uso seja mais promissor, assim como os contextos que impõem limitações ao seu desempenho.

Spodoptera frugiperda apresenta, ainda, a particularidade de desenvolver resistência a proteínas expressas em culturas Bt e a inseticidas, o que pode propiciar o crescimento de suas populações. Diante dessa problemática, este experimento tem como objetivo avaliar estratégias de biocontrole efetivas para o manejo dessa praga na cultura da soja.

Material e Métodos

Criação de *S. frugiperda*

Mariposas de *Rachiplusia nu* (Guenée, 1852) foram coletadas na Embrapa Soja e acondicionadas em gaiolas de oviposição para iniciar a criação de forma contínua. Os insetos foram mantidos em câmaras climatizadas a $26 \pm 1,0^\circ\text{C}$ e 14 h de luz e os ovos provenientes desses adultos foram acondicionados em copos com dieta artificial para, após a eclosão, as lagartas alimentarem-se com dieta artificial de Greene et al. (1976), o método de criação e a dieta modificada foi implementada por Hoffmann-Campo et al. (1985).

Inóculo viral

O inóculo de vírus de poliedrose nuclear de *S. frugiperda* (*Alphabaculovirus spofrugiperdae*) era proveniente de uma formulação comercial (Cartuchovit®), adquirido da empresa Vitae Rural. O preparo do inóculo foi realizado suspendendo 33 mg da formulação em 10 mL de água, que deve resultar em $1,98.10^7$ Obs.mL⁻¹

Bioensaios a diferentes temperaturas

Lagartas em início de 3º instar foram inoculadas com a suspensão viral de *Alphabaculovirus spofrugiperdae* aplicados sobre a superfície da dieta artificial cortada em blocos de 1 cm² x 0,3 cm de altura, livre de formol, nipagin e antibióticos. Um volume de 40 µL da suspensão viral contendo $7,92.10^5$ corpos de oclusão (OBs) foi aplicada sobre a superfície do bloco de dieta artificial livre de agentes desinfetantes, posteriormente disponibilizado para a alimentação das lagartas de *S. frugiperda*.

Em cada tratamento, foram utilizadas 40 lagartas. As lagartas foram colocadas individualmente em copos de plástico de 50 mL e fechados com tampas de papelão, desta forma foi evitada a ocorrência de canibalismo. Grupos de 40 copos com lagartas foram acondicionados em câmaras climatizadas B.O.D. (Eletrolab) reguladas a diferentes temperaturas: 31°C e 34°C. A temperatura foi controlada com data logger

(AK174, empresa Akso). Após 24 h, a dieta artificial com o inóculo viral foi substituída periodicamente para evitar a proliferação de contaminantes e o ressecamento da dieta.

Os tempos letais médios foram calculados utilizando o método de Litchfield (1949) e o experimento foi instalado sob um delineamento inteiramente casualizados com quatro repetições.

Resultados e Discussão

A exposição das lagartas de *S. frugiperda* inoculadas a diferentes temperaturas causou aceleração do processo de infecção pelo vírus de poliedrose nuclear. O período de incubação a 31°C, que consiste no tempo transcorrido entre a inoculação e o primeiro caso de mortalidade pela doença, foi de 5 dias (Tabela 1). A exposição a 34°C reduziu este período para três dias. Na menor temperatura, o número máximo de lagartas mortas pelo vírus ocorreu no 8º dia e os últimos insetos mortos por vírus foram observados no 10º dia, já a 34°C a máxima mortalidade foi no 4º dia e os últimos insetos mortos ocorreram com antecedência de quatro dias quando comparados com o tratamento a 31°C.

As primeiras pré-pupas se formaram em oito dias a 31°C e em seis dias com 34°C. Por outro lado, as poucas lagartas sobreviventes tratadas com a suspensão viral, formaram a pré-pupa no 7º dia a 34°C e no 9º dia a 31°C.

Estudos realizados com vírus AgMNPV obtido de *Anticarsia gemmatalis*, após 10 passagens seriadas em *Diatraea saccharalis* e vírus de *Trichoplusia nu* indicaram uma redução do tempo letal médio de mortalidade com o aumento da temperatura entre 17 e 39°C (Ribeiro; Pavan, 1994). Já no trabalho conduzido por Subramanian et al. (2006) em *S. litura*, o tempo letal médio foi reduzido de 8,7 dias para 5,7, quando as lagartas forma expostas a 25°C ou 35°C. Entretanto, em nosso estudo realizado a 31°C e 34°C, essas diferenças foram maiores e resultou em tempo letal médio de 3,5 dias a 34°C, enquanto a 31°C esse tempo foi superior a 10 dias (Figura 1).

Tabela 1. Parâmetros (em dias) associados a mortalidade de lagartas de *S. frugiperda* de 3º instar inoculadas com *Alphabaculovirus spofrugiperdae* 40 µL de uma suspensão na concentração de $1,98.10^7$ Obs.mL⁻¹.

Temperatura	Período de incubação	Máxima mortalidade por vírus	Últimas mortalidades	Primeiras pré-pupas na testemunha	Primeiras pré-pupas tratadas com vírus
31°C	5 (n = 2)	8 (n = 4)	10 (n = 2)	8 (n = 2)	9 (n = 3)
34°C	3 (n = 11)	4 (n = 18)	6 (n = 2)	6 (n = 30)	7 (n = 1)

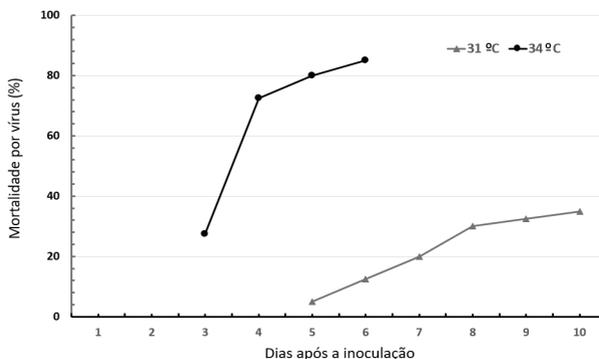


Figura 1. Mortalidade (%) acumulada de *Spodoptera frugiperda* inoculada com SfM-NPV e submetidas a 31°C e a 34°C.

Conclusão

O aumento da temperatura de 31°C a 34°C reduziu o tempo médio de mortalidade e processo infeccioso do *Alphabaculovirus spofrugiperdae* em lagartas de *S. frugiperda*.

Referências

CHEN, C.; KIRABAEVA, K.; KOLERUS, M. C.; PARRY, I. W.; VERNON, N. Changing climate in Brazil: key vulnerabilities and opportunities. **International Monetary Fund**, Working Paper n. 2024/185, Aug. 2024. Disponível em: <https://www.imf.org/-/media/Files/Publications/WP/2024/English/wpiea2024185-print-pdf.ashx>. Acesso em: 06 jun. 2025.

GREENE, G. L.; LEPPLA, N. C.; DICKERSON, W. A. Velvetbean caterpillar: A rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, v. 69, p. 487-488, 1976.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; OLIVEIRA, E. B. de; MOSCARDI, F. **Criação massal da lagarta da soja (*Anticarsia gemmatalis*)**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1985. 23 p. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 10).

KENIS, M.; BENELLI, G.; BIONDI, A.; CALATAYUD, P. A.; DAY, R.; DESNEUX, N.; HARRISON, R. D.; KRITICOS, D.; RWOMUSHANA, I.; VAN DEN BERG, J.; VERHEGGEN, F. Invasiveness, biology, ecology, and management of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Entomologia Generalis**, v. 43, n. 2, p. 187-241, 2023.

LITCHFIELD, J. T. A method for rapid graphic solution of time-percent curves. **Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics**, v. 97, p. 399-408, 1949.

MENEGASSI, S. R. O.; LOPES, L. F. D.; MORAIS, H.; ALENCAR, A. P.; LOPES, F. G.; BARCA JUNIOR, F. A. Climate change in Brazil: evolutionary, comparative and forecast study. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 155, p. 2323-2328, 2024. DOI: 10.1007/s00704-023-04778-6.

RIBEIRO, H. C. T.; PAVAN, O. H. O. Effect of temperature on the development of baculoviruses. **Journal of Applied Entomology**, v. 118, n. 1-5, p. 316-332, 1994.

SUBRAMANIAN, S.; SANTHARAM, G.; SATHIAH, N.; KENNEDY, J. S.; RABINDRA, R. J. Influence of incubation temperature on productivity and quality of *Spodoptera litura* nucleopolyhedrovirus. **Biological Control**, v. 37, n. 3, p. 367-374, 2006.

ZOGAHIB, A. L. N.; SIMAS, D. C. de S.; NORTE FILHO, A. F. do; NORTE, N. N. B. de O.; SALES, R. A. C. de; LIMA, J. S. de; BRAGA, M. A. P. de L. Climate changes and its impacts on cities: case study of characteristics of the drought in the State of Amazonas, Brazil. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 9, e9913946940, 2024.

Ferramentas digitais aplicadas à avaliação de sistemas de terraceamento em bacia hidrográfica

Ana Julia Brambilla⁽¹⁾, João Victor de Oliveira Santana⁽²⁾, Pedro Henrique Jonge⁽¹⁾, Esmael Lopes dos Santos⁽³⁾, Alvadi Antonio Balbinot Junior⁽⁴⁾, Henrique Debiasi⁽⁵⁾, Julio Cezar Franchini⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Centro Universitário Filadélfia (UNIFIL), bolsista FAPED/Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽²⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽³⁾ Professor, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel, PR. ⁽⁴⁾ Pesquisador, Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. ⁽⁵⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

O aumento na frequência e na intensidade de eventos climáticos extremos, especialmente chuvas intensas, tem provocado significativos prejuízos econômicos e ambientais nas áreas de produção agrícola, em razão da intensificação da erosão hídrica. Estudos recentes indicam que o aquecimento global tem contribuído diretamente para a amplificação desses processos erosivos em diversas regiões do Brasil (Netto et al., 2018; Brasil, 2024).

Nesse cenário, a integração de ferramentas digitais com Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Modelos Digitais de Elevação (MDE) surge como uma alternativa promissora para modernizar o planejamento e o dimensionamento de sistemas de terraceamento em áreas agrícolas. Essas tecnologias permitem a análise conjunta de dados topográficos, hidrológicos e edáficos, viabilizando diagnósticos mais precisos e soluções conservacionistas adaptadas às particularidades de cada área.

Nas últimas décadas, o avanço das tecnologias digitais tem impulsionado inovações relevantes na gestão conservacionista do solo, sobretudo em regiões sujeitas à erosão. A intensificação do uso do solo, o aumento do tráfego de máquinas agrícolas e a recorrência de eventos extremos de precipitação têm comprometido a eficácia de práticas isoladas, como o Sistema de Plantio Direto (SPD), demandando estratégias integradas. Nesse contexto, destacam-se os MDEs, os SIGs e os softwares de simulação como ferramentas essenciais para a avaliação e o redimensionamento de estruturas físicas de conservação, como os terraços.

Diante disso, este trabalho propõe uma abordagem baseada em ferramentas digitais para a avaliação da altura e da capacidade de armazenamento dos sistemas de terraceamento em talhões agrícolas localizados em uma bacia hidrográfica no município de Toledo, PR.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em uma bacia hidrográfica de Toledo, PR, com área total de 2.564 hectares, dividida em 27 talhões, como parte das atividades do programa AISA (Ação Integrada de Solo e Água) financiado pela Itaipu Binacional. O levantamento foi realizado em 03/10/2024 com um drone do tipo multirrotor (modelo Mavic 3 Enterprise), equipado com câmera RGB, voando a 250 metros de altura e gerando imagens com resolução final de 7 cm/pixel. Foi utilizada uma sobreposição longitudinal de 80% e lateral de 60%. Para a correção de posicionamento das imagens foi utilizado um procedimento RTK usando um sistema GNSS (Emlid RS3) com correção de posicionamento via protocolo NTRIP usando uma base da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS do IBGE. Para enviar as correções via internet foi utilizada a base da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), localizada em Cascavel, a 20 km do local de trabalho. Foram obtidas 6.929 imagens da área da bacia.

As imagens foram processadas no software Agisoft Metashape, gerando o ortomosaico e o modelo digital de elevação (MDE) (Figura 1). O MDE foi suavizado usando ferramentas de processamento do sistema de informações geográficas QGIS (QGIS, 2024) e do software de geoestatística Vesper (Minasny et al., 2005). A suavização teve por objetivo remover feições antropogênicas como os terraços e permitir sua representação de forma individualizada.

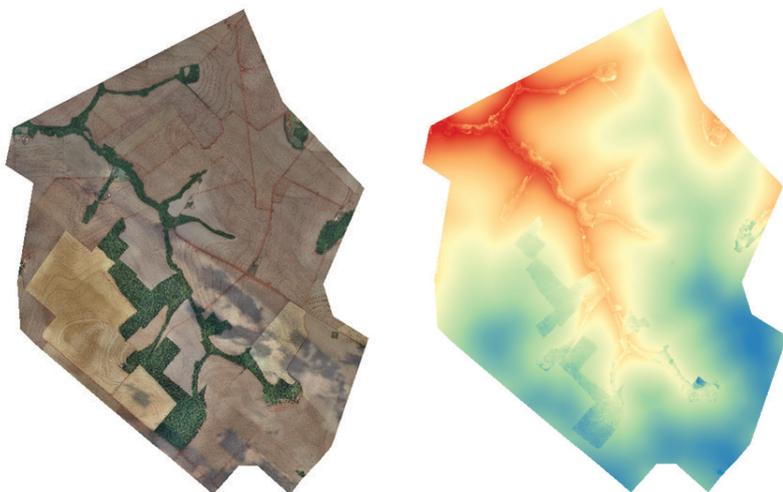


Figura 1. Ortomosaico e modelo digital de elevação da bacia hidrográfica de Toledo.

A avaliação dos terraços foi feita a partir da comparação entre os MDE original e suavizado. As cotas do canal e da crista dos terraços foram extraídas ao longo de quatro transectos por talhão utilizando-se o plugin Terrain Profile no QGIS. A altura (H) dos terraços foi calculada pela diferença entre essas cotas, sendo o comprimento da base do terraço determinado por meio da relação $H/St + H/Sm$, onde St representa a declividade do terreno e Sm a declividade do talude. O comprimento do terraço foi determinado por meio de um procedimento parcialmente automatizado. Primeiro, usando o MDE suavizado, foram geradas linhas de contorno com distância de elevação vertical de um metro. A seguir, foram selecionadas manualmente as linhas mais próximas do terraço original por inspeção dos rasters representados pela diferença entre o MDE original e MDE suavizado e do ortomosaico. As linhas selecionadas, representando os terraços, tiveram então seu comprimento determinado por procedimento automatizado. A seção foi estimada como $1/2 \times H \times \text{base}$ e o volume total foi obtido pela multiplicação da seção pelo comprimento do terraço. A capacidade de armazenamento de água foi padronizada para mm, dividindo-se o volume total pelo número de hectares do talhão ($m^3/m^2 \times 1000$).

Para o cálculo do valor de referência das dimensões mínimas de terraços para a bacia de Toledo foi utilizado o software Terraço 4.1. O software leva em consideração os seguintes parâmetros: intensidade de precipitação; tipo de terraço; forma de construção do canal; altura do terraço; taxa de infiltração; modelo digital de elevação e modelo digital de declividade. As dimensões dos terraços de base larga foram definidas com base numa chuva com período de retorno de apenas 1 ano, o que para as condições de Toledo representa uma chuva de aproximadamente 25 mm/h. A taxa de infiltração estável (TIE) foi considerada como 50 mm/h, representando a mediana de 105 pontos avaliados, distribuídos aleatoriamente pela bacia (Figura 2). A taxa de infiltração foi determinada por meio do infiltrômetro de Cornell, seguindo os procedimentos descritos por Seratto et al. (2019). Nestas condições, a lâmina de escoamento superficial (LES), segundo os parâmetros do software, foi de 12 mm. Para o dimensionamento dos terraços foi utilizado o espaçamento arbitrado de 3 m de espaçamento vertical. A altura de referência dos terraços para essa configuração foi de 0,33 m. Para os cálculos, a declividade média da bacia foi de 6% e a declividade da parede do talude do terraço de base larga foi de 20%.

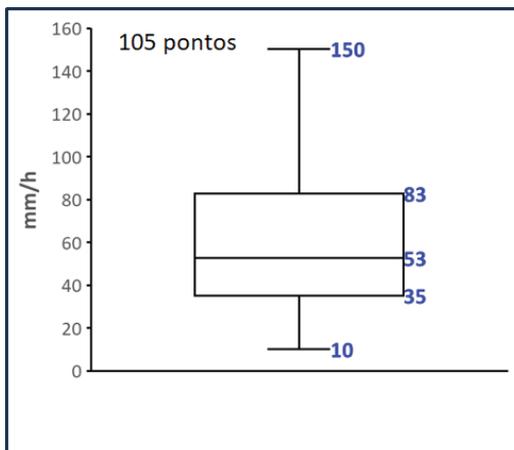


Figura 2. Box plot da taxa de infiltração estável na bacia hidrográfica de Toledo.

Resultados e Discussão

A utilização de MDEs original e suavizado permitiu identificar e mensurar individualmente cada terraço, proporcionando maior precisão na análise (Figura 3). Além disso, a metodologia de cálculo da base e

da seção transversal associada ao uso de ferramentas SIG mostrou-se eficaz na estimativa do volume e na padronização dos resultados por área.

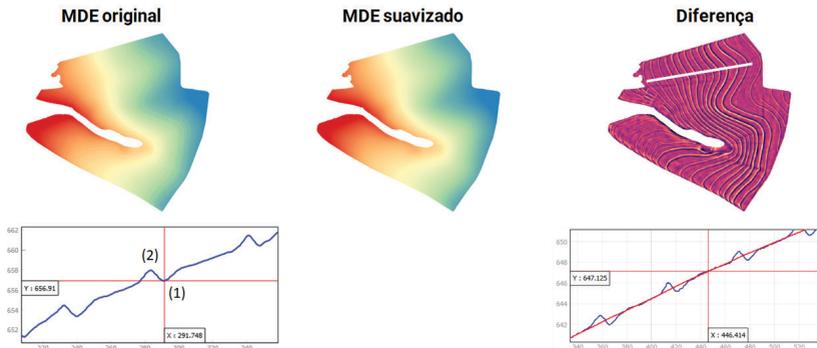


Figura 3. Plugin Terrain profile para mensurar as cotas do canal (1) e da crista (2) dos terraços ao longo de um transecto nos modelos digitais de elevação original e suavizado, de um talhão da bacia hidrográfica de Toledo.

A Figura 4 mostra a distribuição da altura dos terraços, destacando que a linha vermelha indica a referência mínima segundo os valores de referência definidos no software Terraço 4.1. A análise da altura dos terraços dos 27 talhões revelou que o valor médio deste parâmetro variou entre 0.16 e 0.56 m, sendo a mediana de 0.27m. De acordo com o valor de referência definido para uma precipitação média de 25 mm, com período de retorno de um ano, a altura mínima indicada seria de 0.33m. Desta forma, em 70% dos talhões o valor da altura média dos terraços foi menor do que o valor de referência. Em apenas 8 talhões o valor médio da altura foi igual ou superior ao valor de referência. Considerando que a intensidade da chuva utilizada para determinar o valor de referência é de ocorrência comum, os resultados são bastante preocupantes, pois indicam que existe um grande potencial para que precipitação maiores do que a de referência gerem perda de água por escoamento superficial na bacia, dando início a processos de transporte de sedimentos. Normalmente, para o dimensionamento de terraços são considerados períodos de retorno maiores para a chuva de projeto, sendo comum o valor de 10 anos. Para esse período de retorno a chuva de projeto seria de 39 mm e altura de 0.42 cm.

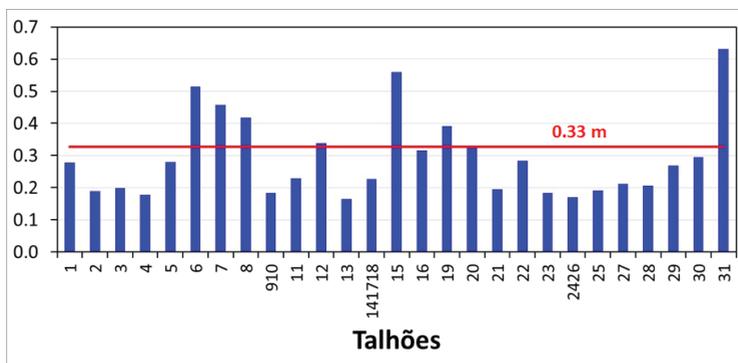


Figura 4. Altura média (m) dos terraços em talhões da bacia hidrográfica de Toledo.

A Figura 5 apresenta a distribuição da capacidade armazenamento de água dos terraços. A linha vermelha representa o valor de referência definido para a lâmina de escoamento superficial (LES) considerando uma chuva de 25 mm. Para o valor atribuído a taxa de infiltração estável (TIE) de 50 mm/h, o modelo utilizado pelo Terraço 4.1 estima que a LES seria de 12 mm. De forma semelhante ao observado para a altura, a capacidade de armazenamento média calculada para os terraços ficou abaixo da referência (12 mm) em 78% dos talhões, como demonstrado na Figura 2. Esse déficit na capacidade de armazenamento pode estar associado a dois fatores principais. A falta de manutenção dos terraços, que com o tempo vão tendo o seu canal assoreado pela deposição de sedimentos e a retirada parcial dos terraços existentes.

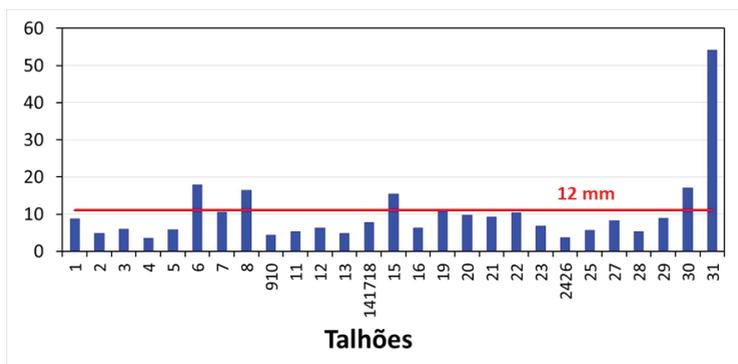


Figura 5. Capacidade de armazenamento de água (mm) dos terraços em talhões da bacia hidrográfica de Toledo.

A baixa capacidade de armazenamento de água dos terraços é preocupante tanto do ponto de vista da conservação do solo e da água, quanto do ponto de vista da produção agrícola. Diante de um cenário de aumento da ocorrência de chuvas de maior intensidade e com maior capacidade de causar erosão no Paraná (Netto et al., 2018), o potencial de perda de água também é aumentado, comprometendo o armazenamento do principal insumo para a produção dentro das áreas agrícolas. O ideal seria que as áreas agrícolas apresentassem capacidade de armazenamento de água suficiente para reter a maior quantidade possível dentro das áreas de produção, permitindo que a água infiltrasse no solo aumentando o período de disponibilidade para as culturas. Com certeza esse é um dos principais motivos para a manutenção de estruturas eficientes para a contenção do excesso de água gerado nas áreas de produção agrícola.

Conclusão

A abordagem baseada em ferramentas digitais demonstrou elevado potencial para a avaliação técnica de sistemas de terraceamento em bacias hidrográficas. A combinação entre MDEs originais e corrigidos, SIGs e o software Terraço 4.1, possibilitou a identificação de deficiências estruturais no sistema de terraceamento em 27 talhões da bacia de Toledo, PR. Os resultados evidenciam que mais de 70% dos terraços analisados não atendem aos parâmetros mínimos de projeto, com impacto direto sobre a capacidade de retenção de água e controle da erosão.

A estratégia adotada alia rigor técnico e aplicabilidade prática, sendo uma importante contribuição para o aperfeiçoamento das práticas conservacionistas em áreas de produção intensiva. A replicação dessa metodologia em outras bacias pode subsidiar políticas públicas de conservação do solo e orientar intervenções estruturais com maior efetividade.

Referências

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **First biennial transparency report of Brazil to the United Nations Framework Convention on Climate Change**. Brasília, DF: Ministry of Science, Technology and Innovation, 2024. Disponível em: https://repositorio.mcti.gov.br/bitstream/mctic/6830/1/2024_First_biennial_transparency_report_of_Brazil.pdf. Acesso em: 26 jan. 2025.

MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B.; WHELAN, B. M. **Vesper version 1.62**. Sydney: Australian Centre for Precision Agriculture, 2005.

NETTO, C. F.; VIRGENS FILHO, J. S.; NEVES, G. L. Análise de erosividade da chuva no estado do Paraná ao longo do século XXI. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p. 404-422, 2018. DOI: 10.5380/abclima.v22i0.55481.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**: versão 3.40. Open Source Geospatial Foundation Project, 2024. Disponível em: <https://qgis.org>. Acesso em: 9 jun. 2025.

SERATTO, C. D.; FRANCHINI, J. C.; SERATTO, F. R.; DEBIASI, H.; SANTOS, E. L. dos; CONTE, O.; MORALES NETO, S.; BRISCHILIARI, V. **Infiltrômetro de aspersão de Cornell aperfeiçoado**: aspectos construtivos, operacionais e de manutenção. Londrina: Embrapa Soja, 2019. 66 p. (Embrapa Soja. Documentos, 424).

Em Dia: duas décadas do Boletim Interno da Embrapa Soja

Thiago Paes de Souza⁽¹⁾, Lebna Landgraf do Nascimento⁽²⁾, Andrea Fernanda Lyvio Vilardo⁽²⁾

⁽¹⁾ Estudante de Jornalismo, Universidade Estadual de Londrina, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Analista, Embrapa Soja, Londrina, PR.

A comunicação organizacional é parte fundamental da dinâmica institucional, especialmente no que diz respeito à relação com o público interno. Como destaca Tavares (2007), sendo a comunicação a base de qualquer processo administrativo, é imprescindível que ela seja trabalhada de forma planejada, pois quando bem conduzida, pode gerar grandes impactos positivos na organização. Dentro dessa estratégia, a comunicação interna se apresenta como uma linha essencial, responsável por estabelecer o fluxo informacional entre todos os setores do público interno, promovendo a integração e a eficiência dos processos.

Sendo assim, a comunicação deve ser compreendida sob diferentes perspectivas, uma vez que constitui um processo complexo de interação entre pessoas, departamentos, unidades e organizações, envolvendo também a circulação de mensagens, a construção de significados e a definição de propósitos (Marchiori, 2008). Tavares (2007) reforça esse entendimento ao conceituar a comunicação interna como a troca de informações entre todos os níveis da estrutura organizacional, desde os colaboradores de base até os dirigentes, abrangendo não apenas os setores, mas também as relações interpessoais que sustentam o funcionamento da organização.

Kunsch (2003) aponta que sem comunicação as organizações não existiriam, pois a própria organização é um fenômeno comunicacional contínuo. Nesse sentido, Bahia (1995) destaca que a comunicação interna surge da necessidade de transmitir com clareza e frequência os pensamentos e ações da empresa ao seu público interno, especialmente no que diz respeito à postura de seus dirigentes e à função social que a organização desempenha. A utilização de instrumentos formais, como boletins informativos, jornais, vídeos institucionais e sistemas digitais, é fundamental para fortalecer os

vínculos organizacionais e alinhar o público interno aos objetivos estratégicos da instituição.

Na Embrapa Soja, o primeiro informativo para o público interno foi o Encarte, criado em 1995. O jornal mensal, dirigido ao público interno, era enviado pelos correios, juntamente com o Girasoja, informativo direcionado ao público externo. O objetivo era compartilhar as informações da Embrapa Soja em todos os níveis hierárquicos para a comunidade embrapiana. A última edição impressa do Encarte foi lançada em 2001, quando ele deu lugar ao Em Dia, informativo eletrônico vigente até hoje.

Em 2002, o Em Dia foi criado, com a proposta de disponibilizar um informativo eletrônico diário de comunicação dirigido ao público interno. Havia naquela época, com o crescimento da internet, a necessidade de se instituir um canal de comunicação formal que pudesse dar maior agilidade ao processo de comunicação interna. O Em Dia organizou e concentrou a informação que era distribuída tanto por meio eletrônico, como por sistema de som, murais, informativo impresso mensal e intranet, que mesmo que pouco, já era utilizado nessa época para este fim.

O Em Dia foi concebido pelas jornalistas Carina Gomes Rufino, hoje Chefe-adjunta de Transferência de Tecnologia da Embrapa Soja e Lebna Landgraf do Nascimento, do Núcleo de Comunicação Organizacional da Unidade. Em 2010, durante a V Jornada Acadêmica da Embrapa Soja, foi apresentado o trabalho “Em Dia: boletim interno compartilhando informações”, de autoria da jornalista Dulce Helena Mazer, com orientação da jornalista Lebna Landgraf do Nascimento. O artigo teve como objetivo apresentar a criação e consolidação do boletim interno Em Dia, destacando seu papel no fortalecimento da comunicação organizacional da Unidade, sua estrutura editorial, dinâmica de produção e impactos percebidos até aquele momento (Mazer; Nascimento, 2010). Partindo desse trabalho como base, a presente produção atualiza e amplia o conteúdo com foco na evolução do informativo até 2025, considerando as transformações editoriais, tecnológicas e operacionais vivenciadas ao longo dos últimos anos.

Hoje o boletim passa da edição de nº. 4080 e é constituído principalmente de informações e ações da Embrapa Soja e de seus empregados.

dos. O Em Dia é dividido em notícias institucionais, que são alocadas na parte central do informativo e outras editoriais na coluna lateral. Por editoria, entende-se uma categoria criada para orientar o público sobre o assunto a ser tratado, a exemplo dos aniversariantes do dia e cardápio, que são fixos. Além disso, são apresentados fatos locais que possam ser de interesse do público, das editoriais de serviço e os destaques da imprensa, que são trechos de notícias veiculadas na imprensa nacional e que tenham relevância para o leitor do Em Dia.

O planejamento visual gráfico do Em Dia sofreu algumas alterações durante seus 23 anos de existência. A última alteração foi feita em 2015, quando o Portal da Embrapa e a Intranet foram reformulados. Na ocasião, o informativo deixou de ser produzido no Dreamweaver, formato que concentrava toda a construção e edição dentro do e-mail, para ser construído diretamente pela intranet. A intranet funciona como um site interno, restrita aos empregados da organização, que hospeda as notícias diárias produzidas. As notas podem ser visualizadas na intranet e também ficam disponíveis para a edição do boletim, que organizado com as ferramentas da intranet, possibilita a escolha das informações já publicadas até o seu envio por e-mail.

Após a formatação das notas do dia, ainda dentro da intranet é feita a organização do boletim. Nesta etapa, são selecionadas as três ou cinco notas que irão ser publicadas, após isso, são selecionadas as retrancas (termo usado para designar uma unidade de texto em um jornal) dos serviços presentes na coluna lateral. Feitas essas seleções, o Em Dia é encaminhado diretamente para o endereço eletrônico, onde os últimos ajustes do informativo são realizados para posterior encaminhamento para o público interno.

Visualmente, o boletim se divide em cabeçalho, miolo e coluna lateral. No alto do boletim, fica disponível o fio-data, que é o cabeçalho, onde estão descritos o título do veículo, a logo, o número da edição e a data. No miolo do boletim, ficam as notas principais do dia, podendo conter informações produzidas pelo Núcleo de Comunicação Organizacional da Embrapa Soja, notícias compartilhadas do informativo corporativo Todos. Com ou destaques da imprensa. Existe uma coluna fixa, às terças-feiras, onde são compartilhados os dados agrometeorológicos gerados pelo Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Soja.

À direita, na coluna lateral, são publicadas editoriais fixas de serviços e outras notas que não estejam diretamente relacionadas com o perfil institucional da Embrapa Soja. A coluna ***Escala de Teletrabalho*** é publicada diariamente, informando os empregados que irão adotar o modelo de teletrabalho no dia da publicação. Além da coluna ***Feliz aniversário para, Cardápio do restaurante***. São esporádicas: ***Classificados, AEE informa, SGP informa*** e o ***Biblioteca informa***.

A redação do Em Dia é de responsabilidade do estagiário de jornalismo, com supervisão da jornalista responsável. O Em Dia recebe informações pelo endereço eletrônico, telefone, mensagem pelo Whatsapp ou ainda provenientes de orientações gerenciais da Chefia e de outras áreas. Cabe ao estagiário apurar os fatos para transformá-los em textos noticiosos, além de produzir fotografias, ou solicitá-las, quando necessário para ilustrar a notícia.

O método de construção da notícia é baseado numa relação de comunicação interpessoal e depende fortemente da iniciativa do leitor e do corpo gerencial. Grande parte do público interno utiliza o correio eletrônico do boletim para enviar sugestões de pauta, fotos e outras informações para posterior publicação. Assim, diariamente são recebidas diversas mensagens que posteriormente serão transformadas em textos noticiosos curtos, denominadas notas. A escolha do conteúdo respeita critérios subjetivos de relevância da informação para o público interno.

O informativo é matinal e sua veiculação ocorre geralmente por volta das 10h. O *deadline*, palavra inglesa que define o prazo final de edição de um veículo, vem sendo respeitado, porém, a necessidade de suprir o público com notícias atualizadas, conferir as informações recebidas e atender a novas solicitações de conteúdo, além de outros acontecimentos, fazem com que o Em Dia eventualmente seja publicado mais tarde.

Diariamente, logo após ser enviado - via correio eletrônico - para os empregados da Unidade, o informativo é reproduzido e encaminhado via WhatsApp. Essa modalidade de formatação passou a ser usada, a partir da pandemia de covid-19, quando a maioria dos empregados estava em teletrabalho. No início, a formatação do boletim no Whatsapp continha apenas o título das notas da edição do dia, seguido do link para a leitura da nota disponível na intranet e os serviços informados na coluna lateral. A partir de abril de 2025, o primeiro pa-

rágrafo das notas passaram a ser encaminhados com o título, para garantir praticidade na leitura. Este modelo de envio garante maior acessibilidade para todo o público interno.

Por apresentar também informações pertinentes ao desenvolvimento gerencial da Embrapa Soja, o Em Dia se caracteriza como um meio de comunicação onde é possível observar fluxos de comunicação descendente, aquele que flui dos níveis hierárquicos mais altos para o restante da empresa. Por se tratar de um veículo de comunicação dirigida aos empregados, colaboradores, parceiros e estagiários, a pesquisa institucional realizada com o público interno, visa o aprimoramento do conteúdo editorial do informativo. Em 2018, uma pesquisa de avaliação dos veículos de comunicação interna, feita pelo Núcleo de Comunicação Organizacional, buscou analisar a percepção do público em relação aos principais veículos utilizados pela Embrapa Soja. E de posse dos resultados, propor possíveis melhorias nas ferramentas de comunicação utilizadas. O formulário foi disponibilizado para o público interno por meio da plataforma *Google Forms*, sendo divulgado pelo Em Dia. Ao todo, 107 respostas foram obtidas.

Com a pesquisa, foi possível verificar que o Em Dia foi considerado o veículo de comunicação mais eficiente (35%) pelo público para se manter informado, quando comparado aos murais utilizados no período, intranet, correios eletrônicos e reuniões. A frequência de leitura do informativo é alta, pois das 117 respostas, 79% afirmaram ler o informativo cinco vezes por semana. Este dado demonstra que o veículo diário atinge o objetivo de informar os diferentes públicos internos da Embrapa Soja, considerando também os diferentes assuntos de interesse. Destaca-se também a avaliação recebida: para 48% dos respondentes o veículo foi considerado muito importante, ou seja, cumpre sua função informativa, e outros 47% consideraram o informativo importante.

De maneira geral, pode-se afirmar que o Em Dia vem cumprindo seus objetivos, tendo passado por algumas reformulações de caráter editorial e gráfico durante seus 23 anos. O informativo da Embrapa Soja segue se atualizando para garantir que, com agilidade e acurácia, as informações estratégicas sobre a atuação da Embrapa, o cotidiano das ações promovidas pela Embrapa Soja e as necessidades de formação corporativa alcancem todos seus empregados, colaboradores, parceiros e estagiários.

Referências

- BAHIA, B. J. **Introdução à comunicação empresarial**. Rio de Janeiro: Mauad, 1995.
- KUNSCH, M. M. K. **Planejamento de relações públicas na comunicação integrada**. 4. ed. São Paulo: Summus, 2003.
- MARCHIORI, M. **Cultura e comunicação organizacional: um olhar estratégico sobre a organização**. 2. ed. São Caetano: Difusão Editora, 2008.
- MAZER, D. H.; NASCIMENTO, L. L. do. EM DIA: boletim interno compartilhando informações. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 5., 2010, Londrina. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2010. p. 44-47. (Embrapa Soja. Documentos, 323).
- TAVARES, M. **Comunicação empresarial e planos de comunicação: integrando teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2007.

Análise comparativa da produtividade da soja pós-trigo e pós-milho 2ª safra na região de transição climática do Paraná

Vitor Emanuel Giacomini⁽¹⁾, João Victor de Oliveira Santana⁽²⁾, Pedro Henrique de Jonge⁽¹⁾, Esmael Lopes dos Santos⁽³⁾, Alvadi Antonio Balbinot Junior⁽⁴⁾, Julio Cezar Franchini⁽⁵⁾, Henrique Debiasi⁽⁵⁾, Roberta Aparecida Carnevalli⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Centro Universitário Filadélfia (UNIFIL), bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽³⁾ Professor, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel, PR. ⁽⁴⁾ Pesquisador, Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. ⁽⁵⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

O modelo de produção de grãos predominante na região de transição climática do estado do Paraná, caracteriza-se pela sucessão soja no verão/milho 2ª safra no outono inverno. Nessa faixa de transição, desde o centro sul, de características mais amenas e próximas ao clima temperado, até o extremo norte do estado, de condições basicamente tropicais, segundo os dados do Departamento de Economia Rural - DERAL (Paraná, 2025), 73% da área cultivada com soja no verão é ocupada posteriormente por milho 2ª safra. A utilização contínua da sucessão milho 2ª safra/soja proporciona baixa diversidade biológica e aporte insuficiente de palha e raízes, resultando em baixa cobertura do solo na semeadura da soja e, em médio prazo, na degradação física e biológica do solo (Debiasi et al., 2021). Isso reduz a produtividade de grãos sobretudo em safras com déficit hídrico, além de aumentar os custos de produção e as perdas de água e solo por erosão hídrica (Garbelini et al., 2020; Debiasi et al., 2021, 2023).

O cultivo de trigo é umas das opções para diversificar a sucessão soja/milho 2ª safra, mantendo a produção de grãos no outono-inverno. Em comparação ao milho, o trigo proporciona maior e mais duradoura porcentagem de cobertura do solo com palha, além de reduzir a duração do período de pousio antes da semeadura da soja (Debiasi et al., 2022). Na maioria dos casos, essas melhorias têm proporcionado maior produtividade da soja cultivada em sucessão ao trigo, quando comparada àquela cultivada após o milho 2ª safra (Debiasi et al., 2023; Balbinot Junior et al., 2024). Entretanto, em algumas safras, a produtividade da soja pós-trigo tem sido igual (Balbinot Junior et al., 2024) ou mesmo inferior (Rossato et al., 2024) à observada em

cultivo pós-milho. Conhecer os fatores que determinam a variabilidade de resposta da soja à cultura antecessora pode contribuir para a definição de estratégias de manejo do sistema de produção, buscando maximizar a performance da soja implantada em sucessão ao trigo, contribuindo para a consolidação do cereal de inverno como opção para a rotação com o milho 2^a safra. Nesse sentido, observações de campo sugerem que a semeadura da soja muito próxima à colheita do trigo, especialmente em safras com deficiência hídrica na fase de estabelecimento e desenvolvimento inicial das plantas de soja, podem estar entre as causas associadas à eventual ocorrência de menores produtividades da cultura em sucessão ao trigo.

Diante disso, o objetivo desse trabalho foi estabelecer a relação entre a produtividade da soja pós-trigo e pós-milho 2^a safra a partir de experimentos conduzidos em diferentes locais e safras na região de transição climática do Paraná, buscando identificar fatores que determinam a variabilidade de resposta da soja à cultura antecessora.

Material e Métodos

Com base na compilação e análise de dados obtidos em outros experimentos conduzidos pela Embrapa Soja, em diferentes safras e locais da região de transição climática do Paraná, foi estabelecida a relação entre a produtividade da soja pós-trigo com a observada em sucessão ao milho 2^a safra. Para esse fim, foram selecionados experimentos envolvendo o cultivo de soja em sucessão ao trigo e ao milho na mesma safra, em que a data de semeadura, a cultivar utilizada e o manejo da soja tenham sido idênticos nas duas situações. Nos casos selecionados, o trigo foi implantado em sucessão à soja, sem cultivo de espécies vegetais para produção de grãos ou cobertura na janela outonal, ou em 3^a safra, na janela entre a colheita do milho 2^a safra e a semeadura da soja. Todos os experimentos foram conduzidos em Latossolos Vermelhos (Santos et al., 2018) de textura muito argilosa, com teores de argila (0-20 cm de profundidade) superiores a 750 g kg⁻¹, quimicamente corrigidos e manejados sob sistema plantio direto (SPD). Para cada safra e experimento, foram utilizadas as médias de produtividade da soja nos tratamentos pós-trigo e pós-milho 2^a safra, totalizando 39 casos (pontos). Detalhes dos experimentos utilizados na presente análise encontram-se na Tabela 1, incluindo referências bibliográficas para acesso a informações sobre o local, a condução e a avaliação dos ensaios.

Tabela 1. Local, safras de condução, tratamentos comparados e referências bibliográficas para informações mais detalhadas a respeito dos experimentos compilados.

Local	Safras	Tratamentos comparados	Referência
Floresta/PR	2012/2013 a 2023/2024 (12 safras)	Trigo pós-soja x milho 2ª safra	Garbelini et al. (2020)
Cafelândia/PR	2020/2021 a 2024/2025 (5 safras ⁽¹⁾)	Trigo pós-soja x milho 2ª safra Trigo 3ª safra ⁽²⁾ x milho 2ª safra ⁽³⁾⁽⁴⁾	Debiasi et al. (2023)
Londrina/PR	2014/2015 a 2016/2017 (3 safras)	Trigo pós-soja x milho 2ª safra	Bertollo et al. (2021)
Londrina/PR	2016/2017 a 2024/2025 (9 safras)	Trigo pós-soja x milho 2ª safra	Balbinot Junior et al. (2024)
Londrina/PR	2017/2018 a 2019/2020 (3 safras)	Trigo pós-soja x milho 2ª safra	Debiasi et al. (2025)
Londrina/PR	2020/2021 a 2023/2024 (4 safra)	Trigo pós soja x milho 2ª safra	Rossato et al. (2024)

⁽¹⁾ Este experimento envolveu cinco safras, mas são oito casos computados, tendo em vista que três safras foram considerados dois tratamentos envolvendo trigo (pós-soja e 3ª safra); ⁽²⁾ Trigo semeado após o milho 2ª safra; ⁽³⁾ Nessa comparação, o tratamento "milho 2ª safra" é o mesmo utilizado na comparação com o trigo pós-soja; ⁽⁴⁾ A comparação entre o trigo 3ª safra e o milho 2ª safra ocorreu nas safras 2020/2021, 2022/2023 e 2024/2025.

As produtividades de soja pós-trigo foram relacionadas às obtidas pós-milho 2ª safra por meio de análise de regressão linear com o respectivo cálculo do intervalo de confiança - IC (95%) da equação gerada, utilizando software R versão 4.4.0 (R Core Team, 2024). Adicionalmente, foi calculado histograma de distribuição de frequências, usando o quociente entre a produtividade da soja pós-trigo e a produtividade da oleaginosa pós milho 2ª safra ($PS_{T/M}$) como base para definição de seis classes de distribuição ($PS_{T/M} \leq 0,8$; $0,8 < PS_{T/M} \leq 0,9$; $0,9 < PS_{T/M} \leq 1,0$; $1,0 < PS_{T/M} \leq 1,1$; $1,1 < PS_{T/M} \leq 1,2$; $PS_{T/M} \geq 1,2$), por meio do programa Microsoft Excel®.

Resultados e Discussão

Considerando todo o conjunto de experimentos e safras, a produtividade da soja pós-trigo aumentou linearmente com o incremento da produtividade da soja em sucessão ao milho 2ª safra (Figura 1A). Observa-se que, em relação à reta 1:1 (que representa os casos em que $y = x$, ou seja, as produtividades de soja pós-trigo e pós-milho 2ª safra são iguais), a reta que representa a variação da produtividade da soja pós-trigo com os valores pós-milho 2ª safra encontra-se deslocada para cima na maior parte da amplitude de variação dos dados, indicando que a cultura do trigo proporcionou maiores produtividades da soja em relação ao milho 2ª safra. Na Figura 1B, é possível observar que o limite inferior do IC calculado para a equação da Figura 1A cruza a reta 1:1 em um valor de produtividade da soja pós-milho 2ª safra equivalente 2,80 t ha⁻¹. Isso significa que, para valores de produtividade da soja em sucessão ao milho 2ª safra iguais ou superiores a 2,80 t ha⁻¹, a produtividade da oleaginosa foi significativamente superior (+7,3%) quando cultivada após trigo. Abaixo de 2,80 t ha⁻¹, a reta 1:1 encontra-se dentro da área delimitada pelos limites inferior e superior do IC, indicando assim que não há diferença significativa de produtividade da soja em função da cultura antecessora (trigo ou milho 2ª safra).

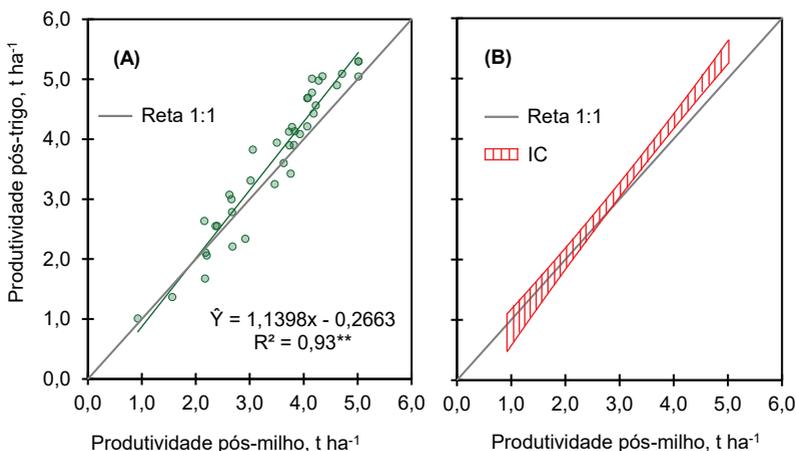


Figura 1. Relação entre a produtividade da soja cultivada pós-trigo e pós-milho 2ª safra (A) e intervalo de confiança (IC, $p \leq 0,05$) da respectiva equação (B).

Para testar a hipótese de que um dos fatores determinantes da variabilidade de resposta da soja ao cultivo pós-trigo em relação ao cultivo pós-milho 2ª safra é a duração do intervalo entre a colheita do trigo e a semeadura da oleaginosa, o conjunto de dados foi dividido em dois grupos: ≤ 20 dias e > 20 dias de intervalo. A relação entre as produtividades de soja pós-trigo e pós-milho 2ª safra para o grupo de experimentos e safras com intervalo entre a colheita do trigo e a semeadura da soja ≤ 20 dias é apresentada na Figura 2. Conforme essa Figura, verifica-se que a reta que representa a variação de produtividade da soja em sucessão ao trigo em função da produtividade da soja pós-milho 2ª safra está acima da reta 1:1 somente nos casos em que as produtividades da oleaginosa foram mais elevadas. Neste sentido, a produtividade da soja pós-trigo somente foi significativamente superior (+3,3%) à observada pós-milho 2ª safra a partir de $4,50 \text{ t ha}^{-1}$ no eixo x, valor em que a curva que representa o limite inferior do IC cruza a reta 1:1 (Figura 2A). Para produtividades inferiores a $4,50 \text{ t ha}^{-1}$, a reta 1:1 está dentro do intervalo delimitado pelos limites inferior e superior do IC, indicando que não houve efeito significativo da cultura antecessora sobre o desempenho produtivo da soja.

Quando o tempo entre a colheita do trigo e a semeadura da soja foi superior a 20 dias, a reta que representa a relação entre a produtividade da soja pós-trigo e pós-milho 2ª safra encontra-se deslocada para cima da reta 1:1 em todo o intervalo de variação dos dados (Figura 3A), indicando maiores produtividades da soja (+8,1%) quando cultivada em sucessão ao trigo. A análise do IC para a equação da Figura 3A confirma esse resultado, uma vez que o limite inferior do IC ficou acima da reta 1:1 em todo o intervalo de variação dos dados de produtividade (Figura 3B).

É interessante observar que, no conjunto de experimentos e safras com intervalo entre a colheita do trigo e a semeadura da soja > 20 dias, a produtividade mínima da soja pós-milho 2ª safra foi ao redor de 3 t ha^{-1} , contra cerca de $1,0 \text{ t ha}^{-1}$ para o intervalo ≤ 20 dias (Figura 2A). Isso aponta para a ocorrência de melhores condições climáticas e a adoção de práticas de manejo mais favoráveis ao desempenho produtivo da oleaginosa nos experimentos e safras onde o intervalo entre a colheita do trigo e a semeadura da soja foi > 20 dias. Considerando que a colheita do trigo ocorreu, na maioria dos casos estudados neste trabalho, no mês de setembro, o maior intervalo entre a colheita do cereal e a semeadura da soja esteve principalmente

associado à implantação da oleaginosa após o dia 15/10, período mais favorável ao crescimento das plantas principalmente nas regiões norte e norte central do Paraná (Nóia Júnior; Sentelhas, 2019).

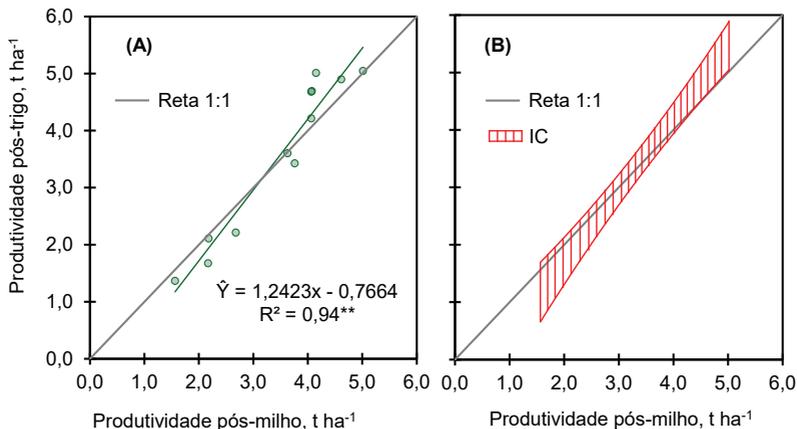


Figura 2. Relação entre a produtividade da soja cultivada pós-trigo e pós-milho 2ª safra (A) e intervalo de confiança (IC, $p \leq 0,05$) da respectiva equação (B), considerando apenas os casos em que o intervalo entre a colheita do trigo e a semeadura da soja foi igual ou inferior a 20 dias.

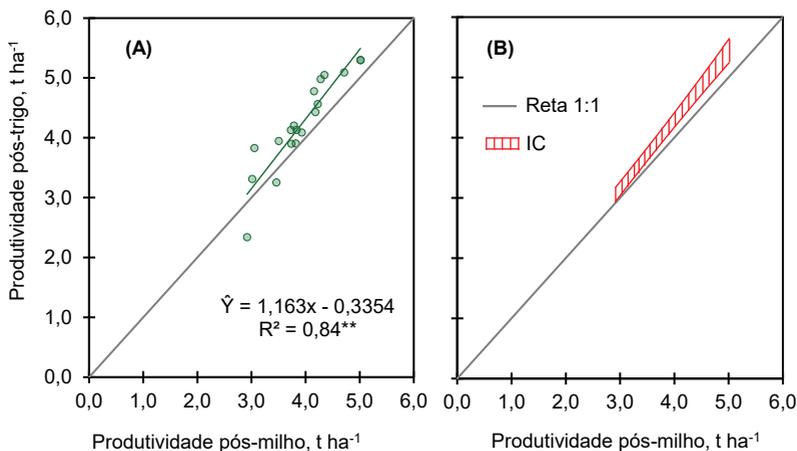


Figura 3. Relação entre a produtividade da soja cultivada pós-trigo e pós-milho 2ª safra (A) e intervalo de confiança (IC, $p \leq 0,05$) da respectiva equação (B), considerando apenas os casos em que o intervalo entre a colheita do trigo e a semeadura da soja foi superior a 20 dias.

Na Figura 4, é apresentada a distribuição relativa (histograma) dos casos estudados em classes estabelecidas com base no quociente entre a produtividade da soja pós-trigo e pós milho 2ª safra ($PS_{T/M}$). Valores de $PS_{T/M} > 1$ indicam que a produtividade da soja foi maior quando cultivada em sucessão ao trigo em comparação ao milho 2ª safra. Considerando o conjunto total de experimentos e safras, observa-se que o $PS_{T/M}$ foi superior a 1 em 77% dos casos (Figura 4A). Similarmente, em 34% dos casos, o $PS_{T/M}$ foi igual ou superior a 1,1, demonstrando que a produtividade da soja cultivada em sucessão ao trigo superou a produtividade pós-milho 2ª safra em mais de 10%. Para os casos em que o intervalo entre a colheita do trigo e a semeadura da soja foi ≤ 20 dias, o $PS_{T/M}$ foi superior a 1 em 50% de casos (Figura 4B) enquanto que, para intervalos maiores que 20 dias, a proporção de experimentos e safras em que a produtividade da soja pós-trigo foi maior subiu para 89% (Figura 4C).

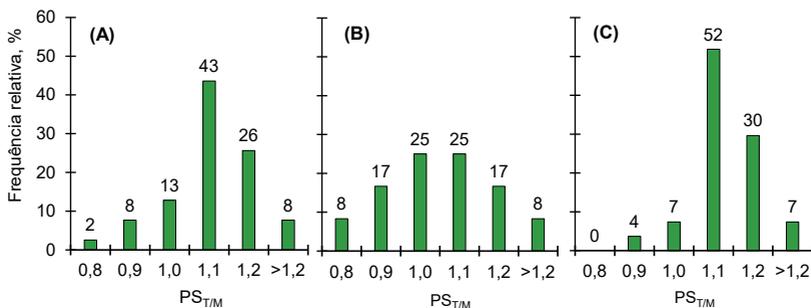


Figura 4. Distribuição relativa dos casos estudados em seis classes definidas pelo quociente entre a produtividade da soja pós-trigo e pós milho 2ª safra ($PS_{T/M}$), para todo o conjunto de dados (A) e somente para os casos em que o intervalo entre a colheita do trigo e semeadura da soja foi ≤ 20 dias (B) ou > 20 dias (C). Classes: $PS_{T/M} \leq 0,8$; $0,8 < PS_{T/M} \leq 0,9$; $0,9 < PS_{T/M} \leq 1,0$; $1,0 < PS_{T/M} \leq 1,1$; $1,1 < PS_{T/M} \leq 1,2$; $PS_{T/M} \geq 1,2$.

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que, na maioria dos casos, a soja apresenta maior produtividade de grãos quando cultivada após trigo, em comparação ao cultivo pós-milho 2ª safra, o que pode viabilizar economicamente o uso de sistemas de rotação envolvendo as duas culturas no outono-inverno na região de transição climática do Paraná. Da mesma forma, o presente estudo comprova que a duração do intervalo entre a colheita do trigo e a semeadura da soja é fator determinante no desempenho produtivo da oleagino-

sa. Intervalos ≤ 20 dias diminuem significativamente a probabilidade de maiores produtividades pós-trigo em relação ao cultivo pós-milho 2ª safra. Mais estudos são necessários para esclarecer de maneira definitiva as causas desse comportamento. Porém, a existência de efeito alelopático da palhada de trigo sobre o desenvolvimento inicial da soja (Wu et al., 2001) pode ser uma das causas da limitação de produtividade da soja em função da semeadura da cultura em intervalos ≤ 20 dias após a colheita do trigo. Em experimento conduzido em Londrina, PR e com base no monitoramento do índice de área foliar (IAF), Yokohama et al. (2018) concluíram que o crescimento inicial da soja foi mais lento após o trigo quando em comparação com outras culturas antecessoras, como o milho 2ª safra. Sob condições climáticas e de manejo favoráveis, os mesmos autores encontraram que o IAF da soja pós-trigo atingiu valores similares aos demais tratamentos na fase reprodutiva da cultura, de forma que a produtividade da oleaginosa foi superior em sucessão ao trigo comparativamente ao milho 2ª safra, provavelmente em função da melhoria da qualidade do solo proporcionada pelo cereal de inverno. Em contrapartida, Rossato et al. (2024) obtiveram redução de aproximadamente 14% na produtividade da soja cultivada pós-trigo em relação ao cultivo pós-milho 2ª safra, em safra caracterizada por deficiência hídrica em todo o ciclo da oleaginosa, associado à semeadura de cultivar precoce no início de período recomendado. Nesse estudo, o NDVI da soja pós-trigo foi inferior ao observado no cultivo pós-milho 2ª safra durante todo o ciclo, indicando que o déficit hídrico, em conjunto com o uso de cultivar precoce no início da época recomendada, impediu a recuperação do IAF e da biomassa da soja nesse tratamento.

As condições ambientais e de manejo também são fatores importantes na determinação da resposta da soja ao cultivo do trigo. Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que, em safras e experimentos onde a produtividade da soja é mais elevada, o que normalmente ocorreu em função da combinação entre clima favorável e práticas de manejo da cultura adequadas, o desempenho produtivo da soja foi melhor em cultivo pós-trigo, mesmo que o intervalo entre a colheita do cereal e a implantação da oleaginosa tenha sido ≤ 20 dias. Dentro do conjunto de dados utilizado para este trabalho, houve 25 casos em que a produtividade da soja pós-milho 2ª safra foi superior a $3,0 \text{ t ha}^{-1}$, dos quais em 21 (87,5%) as maiores produtividades foram obtidas pela soja em sucessão ao trigo. Nos 14 casos

em que a produtividade da soja pós-milho foi igual ou inferior a 3,0 t ha⁻¹, a proporção de situações em que a produtividade da oleaginosa foi maior em sucessão ao trigo caiu para 57,1%. Provavelmente, melhores condições climáticas e de manejo, incluindo posicionamento de cultivares e época de semeadura, diminuem o impacto do crescimento mais lento da soja em sucessão ao trigo mesmo quando o intervalo entre a colheita do trigo e a semeadura da soja é ≤ 20 dias, conforme demonstrado por Yokohama et al. (2018).

Conclusão

O cultivo de trigo no outono-inverno resulta em maiores produtividades de soja quando comparado ao milho 2ª safra como cultura antecessora, na maioria das situações. A semeadura da soja em intervalos ≤ 20 dias após a colheita do trigo, especialmente quando associada à ocorrência de condições climáticas ou de manejo desfavoráveis ao desenvolvimento da oleaginosa, prejudicam o desempenho produtivo da soja cultivada em sucessão ao trigo em comparação à implantada pós-milho 2ª safra.

Referências

- BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; OLIVEIRA, M. A. de; COELHO, A. E.; MORAES, M. T. de. Soybean yield, seed protein and oil concentration, and soil fertility affected by off-season crops. **European Journal of Agronomy**, v. 153, 127039, 2024.
- BERTOLLO, A. M.; MORAES, M. T.; FRANCHINI, J. C.; SOLTANGHEISI, A.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; LEVIEN, R.; DEBIASI, H. Precrops alleviate soil physical limitations for soybean root growth in an Oxisol from southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 206, 104820, 2021.
- DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; TONINI, V.; ROY, J. M.; MUHL, A. **Modelos de produção intensificados para diversificação da matriz produtiva para além da sucessão milho 2ª safra/soja nas regiões Centro-oeste e Oeste do Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2023. 72 p. (Embrapa Soja. Documentos, 459).
- DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; COELHO, A. E.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Cover crops increase the yield and profitability of soybeanwheat cropping systems in Southern Brazil. **International Journal of Plant Production**, v. 19, p. 183-195, 2025.
- DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; SANTOS, E. L. dos; CECCATTO, S. el K.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; CONTE, O.; NUNES, E. da S.; FURLANETTO, R. H. **Diagnóstico da qualidade do manejo e impacto de modelos**

de produção aprimorados sobre a fertilidade do solo nas regiões Norte e Noroeste do Paraná. Londrina: Embrapa Soja, 2021. 69 p. (Embrapa Soja. Documentos, 441).

DEBIASI, H.; MONTEIRO, J. E. B. de A.; FRANCHINI, J. C.; FARIAS, J. R. B.; CONTE, O.; CUNHA, G. R. da; MORAES, M. T. de; BALBINOT JUNIOR, A. A.; SILVA, F. A. M. da; EVANGELISTA, B. A.; MARAFON, A. C. **Níveis de manejo do solo para avaliação de riscos climáticos na cultura da soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2022. 137 p. (Embrapa Soja. Documentos, 447).

GARBELINI, L. G.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; BETIOLI JUNIOR, E.; TELLES, T. S. Profitability of soybean production models with diversified crops in the autumn-winter. **Agronomy Journal**, v. 112, n. 5, p. 4092-4103, 2020.

NÓIA JUNIOR, R. de S.; SENTELHAS, P. C. Soybean-maize succession in Brazil: Impacts of sowing dates on climate variability, yields and economic profitability. **European Journal of Agronomy**, v. 103, p. 140-151, 2019.

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Departamento de Economia Rural. **Comparativo de área, produção e rendimento de culturas selecionadas.** 26 maio 2025. Disponível em <https://www.agricultura.pr.gov.br/system/files/publico/Safras/pss.xlsx>. Acesso em: 08 jun. 2025.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 26 abr. 2024.

ROSSATO, L. A.; SANTOS, E. L. dos; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H. Cultivo de trigo associado a culturas graníferas na janela outonal como opção para diversificação da sucessão milho 2^a safra/soja na região Norte do Paraná. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 19., 2024, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2024. p. 92-98. (Embrapa Soja. Eventos técnicos & científicos, 4).

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

WU, H.; PRATLEY, J.; LEMERLE, D.; HAIG, T. Allelopathy in wheat (*Triticum aestivum*). **Annals of Applied Biology**, v. 139, p. 1-9, 2001.

YOKOYAMA, A.; RIBEIRO, R. H.; BALBINOT JR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; ZUCARELI, C. Índices de área foliar e SPAD da soja em função de culturas de entressafra e nitrogênio e sua relação com a produtividade. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, p. 953-962, 2018.

Potencial de bactérias para controle de fitopatógenos da soja

Renata Letícia Michalak⁽¹⁾ Gisele Gonçalves Pozzobom Fantinato⁽²⁾, Leandro Eugênio Cardamone Diniz⁽³⁾, Ivani de Oliveira Negrão Lopes⁽³⁾, Guilherme Julião Zocolo⁽³⁾, Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite⁽³⁾, Claudine Dinali Santos Seixas⁽³⁾

⁽¹⁾Estudante de Agronomia, Universidade Norte do Paraná, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾Analista, Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽³⁾Pesquisador(a), Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

As doenças estão entre os principais fatores que limitam a exploração máxima do potencial de produtividade da soja. Mais de 40 doenças causadas por fungos, bactérias, nematoides e vírus já foram identificadas no Brasil. Esse número continua aumentando com a expansão da soja para novas áreas, como consequência da monocultura e com a introdução de novas doenças (Seixas et al., 2021).

A ocorrência dessas doenças pode ser reduzida com medidas como o tratamento das sementes com fungicidas, para proteger contra fungos presentes no solo durante a emergência; a rotação de culturas, com o objetivo de reduzir a população de patógenos que sobrevivem de uma safra para outra nos restos de cultura; e a eliminação da compactação do solo, para promover o bom desenvolvimento das raízes e diminuir o acúmulo de água em períodos chuvosos (Godoy, 2017).

Os produtos biológicos também são uma opção e a sua utilização vem crescendo. Os agentes de biocontrole são microrganismos antagonistas com potencial de interferir no crescimento e/ou na sobrevivência dos patógenos. Os mecanismos de ação são divididos em antibiose, indução de resistência, parasitismo, predação, competição e promoção de crescimento, sendo que um microrganismo pode agir por mais de um mecanismo (Medeiros et al., 2018). Além disso, podem atuar nos processos de solubilização de nutrientes (Richardson, 2009) e/ou na promoção de crescimento (Woo et al., 2014; Monte, et al., 2019).

Os efeitos dos ativos biológicos estão diretamente relacionados com a cepa do microrganismo e com sua formulação, que garantem a otimização dos efeitos no campo, a estabilidade dos ativos, a compati-

bilidade com outros produtos, o uso de doses menores, a redução de impactos de toxicidade, a facilidade na aplicação e o maior tempo de prateleira. Essas características são fundamentais para permitir que o produto biológico possa ser introduzido como estratégia de controle, junto com outras estratégias (Borsari; Vieira, 2022). A maioria dos produtos que estão no mercado são à base de fungos e/ou bactérias.

No solo, as bactérias constituem o maior grupo de microrganismos. Algumas espécies são capazes de produzir antibióticos, enquanto outras apresentam ação antagônica contra fitopatógenos (Siqueira, 1988).

A primeira etapa para a obtenção de um bioproduto é a prospecção, que consiste na busca por cepas capazes de interferir na sobrevivência ou no crescimento do microrganismo alvo. Parte das bactérias da Coleção de Microrganismos de Interesse para a Agricultura da Embrapa Soja (CMES) já foi testada com resultados promissores (Moreira et al., 2024).

O objetivo deste trabalho foi verificar, *in vitro*, o potencial de novas cepas de bactérias, da CMES, obtidas de amostras de solo de diversos locais, para controle de fitopatógenos da soja.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no laboratório de Fitopatologia da Embrapa Soja, em Londrina, PR. Os microrganismos avaliados pertencem à Coleção de Microrganismos de Interesse para a Agricultura da Embrapa Soja (CMES).

Foram avaliadas 22 cepas de bactérias obtidas de amostras de solo coletadas em diversos municípios do Paraná e São Paulo. Essas cepas foram testadas para controle dos seguintes fungos: *Cercospora* spp. (crestamento de *Cercospora* e mancha-púrpura), isolado CMES 2159; *Colletotrichum truncatum* (antracnose), CMES 1080; *Corynespora cassiicola* (mancha-alvo), CMES 980; *Neocosmospora phaseoli* (syn. *Fusarium brasiliense*) (podridão vermelha da raiz), CMES 04; *Macrophomina phaseolina* (podridão de carvão), CMES 2129; *Rhizoctonia solani* (tombamento e morte em reboleira de *Rhizoctonia*), CMES 1796 e *Sclerotinia sclerotiorum* (mofo-branco), CMES 2250.

O método utilizado foi de culturas pareadas, que consiste na confrontação direta dos microrganismos em meio de cultura. Os fungos

fitopatogênicos foram cultivados em meio BDA por sete dias a 25 °C, com fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro. As bactérias foram cultivadas em meio TSA a 28 °C por 72 horas. Após esse período foi preparada suspensão de cada bactéria, acrescentando 5 mL de solução salina estéril à placa e homogeneizando com a alça de platina.

O pareamento foi feito em placas de Petri contendo meio BDA, transferindo-se um disco de 5 mm de diâmetro do micélio do fungo para o centro dessas placas. Em oito pontos equidistantes do disco do micélio foram adicionados 5 µL de suspensão da bactéria (Figura 1). Placas contendo somente o fitopatógeno foram utilizadas como controle.

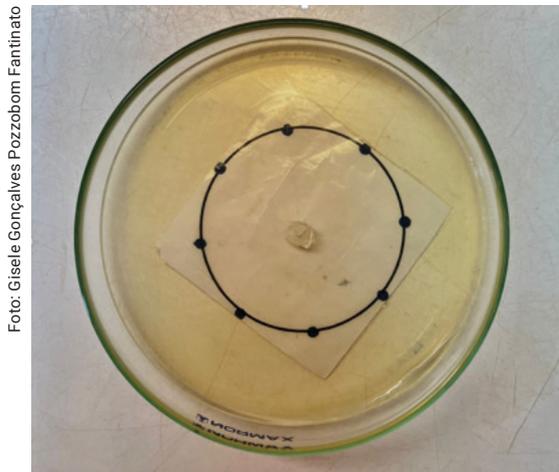


Foto: Gisele Gonçalves Pozzobom Fantinato

Figura 1. Placa de Petri com meio BDA, o disco de micélio ao meio e os oito pontos marcados para inserção da bactéria.

O teste foi realizado em triplicata e as placas foram mantidas em câmara de crescimento por sete dias, a 25 °C e fotoperíodo de 12 h/12h. Após sete dias de incubação mediu-se o raio da colônia do fitopatógeno na ausência e na presença das bactérias. A zona de inibição (ZI) de cada bactéria contra cada fungo foi calculada de acordo com Campanile et al. (2007), utilizando a seguinte expressão:

$$(ZI)\% = (N1 - N2) \div N1 \times 100$$

Sendo: N1 o raio da colônia obtido na ausência do antagonista e N2 o crescimento do micélio na presença do antagonista.

É importante ressaltar que ZI é, por natureza, uma variável relativa e, portanto, os valores entre as diferentes espécies de fungos são comparáveis.

Os dados da zona de inibição foram submetidos à análise de variância. Com base nessa análise, foram obtidas as estimativas de mínimos quadrados para as médias de ZI. Essas estimativas, juntamente com uma variável categórica de identificação resultante da combinação da identificação dos fungos e das bactérias, foram fornecidas como entrada ao algoritmo de agrupamento hierárquico de Ward (Ward, 1963).

Resultados e Discussão

A maioria das bactérias testadas tiveram efeito, maior ou menor, sobre os fungos. O dendrograma gerado pelo algoritmo de Ward indicou três grupos de pares fungo-bactéria, sendo que o primeiro contém os pares com ZIs iguais ou menores que 20%, o segundo contém pares de 20% a 46% e o terceiro de 52% a 83%, conforme mostrado na Figura 2. Considerando a faixa de inibição de 52% a 83%, três das 22 bactérias se destacaram no confronto com, pelo menos, um fungo. Apenas para *Rhizoctonia solani*, o máximo de inibição ficou na faixa de 20% a 46%, com a bactéria 105.

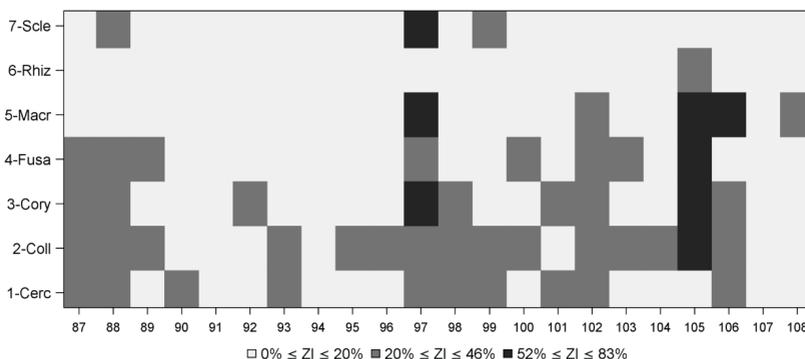


Figura 2. Zona de inibição das 22 bactérias frente aos sete fungos fitopatogênicos *Cercospora* spp. (1-Cerc), *Colletotrichum truncatum* (2-Coll), *Corynespora cassiicola* (3-Cory), *Neocosmospora phaseoli* (4-Fusa), *Macrophomina phaseolina* (5-Macr), *Rhizoctonia solani* (6-Rhiz), *Sclerotinia sclerotiorum* (7-Scle).

A bactéria 105 foi capaz de atingir quatro fungos, na faixa de 52% a 83% de inibição (*Colletotrichum truncatum*, *Corynespora cassiicola*, *Neocosmospora phaseoli* e *Macrophomina phaseolina*). A bactéria 97 interferiu em três fungos na faixa de 52% a 83% de inibição (*Corynespora cassiicola*, *Macrophomina phaseolina* e *Sclerotinia sclerotiorum*) e a bactéria 106 atingiu um fungo (*Macrophomina phaseolina*).

Observando o resultado para cada fungo, na faixa de 52% a 83%, uma bactéria foi capaz de inibir *C. truncatum* (105), duas bactérias foram capazes de inibir *C. cassiicola* (97 e 105); uma inibiu *Neocosmospora phaseoli* (105); três inibiram *Macrophomina phaseolina* (97, 105 e 106) e uma inibiu *Sclerotinia sclerotiorum* (97). Nesse conjunto de bactérias nenhuma se destacou no efeito contra *Cercospora* spp. e *Rhizoctonia solani*. Porém, esse resultado contra *R. solani* foi o melhor encontrado até o momento (bactéria 105), considerando também o conjunto de bactérias testadas em etapa anterior (Moreira et al., 2024).

Com base nos resultados promissores, as três bactérias que se sobressaíram serão identificadas. Se não forem de espécies que possam constituir em algum tipo de risco, serão submetidas a outros tipos de testes e também poderão passar por análise de seus metabólitos.

Conclusão

O resultado mostra o potencial de bactérias do nosso solo para o controle biológico de fitopatógenos importantes para a soja. Após a identificação das bactérias, testes in vivo devem ser conduzidos para confirmar o possível efeito significativo sobre os fungos.

Referências

- BORSARI, A. C. P.; VIEIRA, L. C. Mercado e perspectivas dos bioinsumos no Brasil. In: MEYER, M. C.; BUENO, A. de F.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da. (ed.). Bioinsumos na cultura da soja. Brasília, DF: Embrapa, 2022. p. 39-52.
- CAMPANILE, G.; RUSCELLI, A.; LUISI, N. Antagonistic activity of endophytic fungi towards *Diplodia corticola* assessed by in vitro and in plant tests. **European Journal of Plant Pathology**, v. 117, p. 237-246, 2007.
- GODOY, C. V. Manejo de doenças na cultura da soja. In: WORKSHOP CTC AGRICULTURA, 16., 2017, Rio Verde. **Agricultura - Resultados 2017**. Rio Verde: Centro Tecnológico Comigo, 2017. p. 25-30.

MEDEIROS, F. H. V.; SILVA, J. C. P.; PASCHOLATI, S. F. Controle biológico de doenças de plantas. In: AMORIM L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. (ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 5. ed. Ouro Fino, MG: Agronômica Ceres, 2018. v. 1, p. 261-274.

MONTE, E.; BETTIOL, W.; HERMOSA, R. *Trichoderma* e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da (ed.). **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 181-199.

MOREIRA, V. B.; FANTINATO, G. G. P.; DINIZ, L. E. C.; ZOCOLO, G. J.; LOPES, I. de O. N.; SEIXAS, C. D. S. Prospecção de bactérias para controle de fitopatógenos da soja. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 19., 2024, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2024. p. 108-111. (Embrapa Soja. Eventos técnicos & científicos, 4).

RICHARDSON, A. E. Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 28, p. 897-906, 2009.

SEIXAS, C. D. S.; DIAS, W. P.; HENNING, A. A.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C. V.; SOARES, R. M.; COSTAMILAN, L. M. Doenças da soja. In: EMBRAPA. **Ageitec: Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/producao/doencas-da-soja>. Acesso em: 26 jun. 2025.

SIQUEIRA, J. O. **Biotechnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 1988. 118 p.

WARD, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistical Association**, v. 58, p. 236-244, 1963.

WOO, S. L.; RUOCCO, M.; VINALE, F.; NIGRO, M.; MARRA, R.; LOMBARDI, N.; LORITO, M. *Trichoderma*-based products and their widespread use in agriculture. **The Open Mycology Journal**, v. 8, n. 1, p. 71-126, 2014.

Análise da taxa de desenvolvimento de diferentes populações de *Macroptilium lathyroides*

Ana Clara Morini⁽¹⁾, Fernando Storniolo Adegas⁽²⁾

¹Estudante de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR.; ²Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

O conhecimento sobre o crescimento e o desenvolvimento das plantas é essencial para compreender suas estratégias adaptativas e seu papel nos ecossistemas, especialmente no contexto da competição por recursos e no manejo agrônomico. *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb., conhecida popularmente como feijão-de-rola, é uma leguminosa herbácea anual, amplamente distribuída em regiões tropicais e subtropicais, sendo utilizada tanto como planta de cobertura quanto para pastagem e adubação verde (Graham; Vance, 2003; Cook et al., 2020).

Essa espécie apresenta características de rápido crescimento inicial e elevada capacidade de fixação biológica de nitrogênio, o que a torna importante em sistemas de rotação e consorciação agrícola (Ramos, 2018). No entanto, seu comportamento como planta daninha em determinadas situações de cultivo também tem sido relatado, principalmente em áreas de pastagem degradada e sistemas agrícolas pouco manejados (Lorenzi, 2014). Assim, entender a dinâmica de crescimento dessa espécie permite não apenas otimizar seu uso em sistemas produtivos sustentáveis, mas também antecipar possíveis interferências em cultivos comerciais.

A análise da taxa de crescimento das plantas, por meio de parâmetros específicos relacionados ao desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, fornece informações quantitativas fundamentais para a compreensão do desempenho fisiológico das espécies em diferentes condições ambientais (Hunt, 1990; Benincasa, 2003). Esses parâmetros têm sido amplamente utilizados para avaliar respostas de espécies forrageiras e daninhas à variação de fatores bióticos e abióticos, como disponibilidade de luz, água e nutrientes (Radford, 1967; Carvalho et al., 2015).

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo analisar a taxa de crescimento de *Macroptilium lathyroides*, por meio de indicadores morfofisiológicos, a fim de compreender sua estratégia de alocação de biomassa e eficiência fotossintética ao longo do desenvolvimento. Tais informações podem subsidiar práticas de manejo tanto para o aproveitamento da espécie em sistemas agroecológicos quanto para o controle em áreas agrícolas onde sua presença é indesejada.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no campo experimental da Embrapa Soja, em Londrina, PR, no período de março a junho de 2025. Foram avaliadas três populações de *Macroptilium lathyroides*, cujas sementes foram coletadas em três municípios distintos: Japira (PR), Assis (SP) e Ivinhema (MS). Inicialmente, as sementes foram semeadas em três caixas de germinação, cada uma correspondente ao seu respectivo local de origem. As caixas foram preenchidas com substrato específico e irrigadas regularmente para promover a germinação das plantas.

Após o estabelecimento das plântulas, realizou-se o transplante de uma planta por vaso com capacidade de 5 litros, totalizando 52 vasos por população. Os vasos foram preenchidos com uma mistura de terra tratada e substrato comercial, na proporção 3:1, e receberam irrigação diária.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições e onze épocas de coleta. A primeira coleta foi realizada aos 14 dias após o transplante, e as demais ocorreram a cada sete dias, totalizando 13 semanas de avaliação. Semanalmente, foram analisadas quatro plantas por parcela, nas quais se mensuraram as seguintes características: altura de planta, área foliar, número de folhas e massa seca. Após as medições, as plantas foram coletadas e tiveram seus órgãos: raiz, caule, folhas e, após o florescimento, botões florais, separados.

As folhas coletadas foram utilizadas para a determinação da área foliar, por meio de um medidor fotoelétrico de mesa (LI-COR 3100). As raízes foram lavadas em água corrente para remoção de impurezas, e todos os órgãos vegetais foram acondicionados em sacos de papel e levados para secagem em estufa com circulação forçada

de ar a 70 °C, até atingirem peso constante, sendo então pesados em balança de precisão.

As variáveis analisadas foram: altura de plantas, número de folhas, número de trifólios, número de botões florais, número de vagens, área foliar, e peso fresco e seco das raízes, caules, folhas, botões florais e vagens.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e os resultados ajustados por regressão polinomial, de acordo com o comportamento observado para cada variável. A significância estatística foi avaliada pelo teste F, a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico R.

Resultados e Discussão

A maior média de altura de plantas foi observada aos 77 dias após a emergência (DAE) para as três populações, sendo a população de Assis que apresentou maior porte em comparação às de Japira e Ivinhema. Essa mesma tendência foi observada para o número de folhas, número de trifólios e área foliar total (Figura 1).

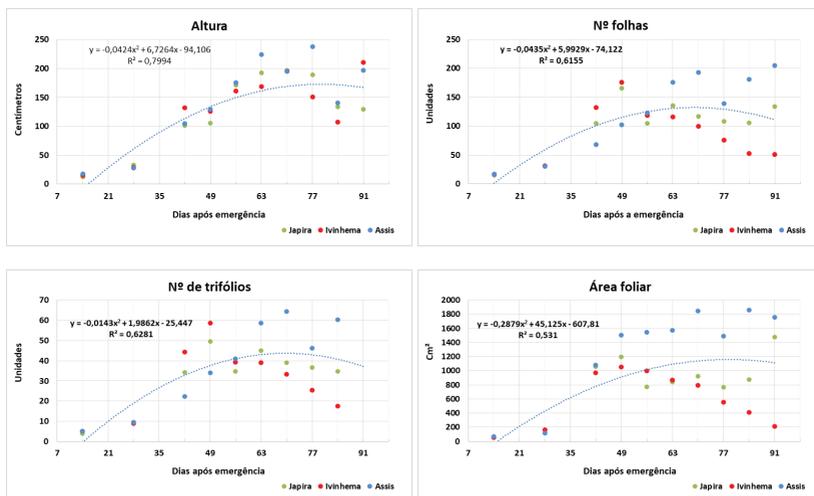


Figura 1. Altura de plantas, número de folhas, número de trifólios e área foliar total, de populações de *Macroptilium lathyroides* dos municípios de Assis (SP), Japira (PR) e Ivinhema (MS), em análise realizadas em diferentes períodos após a emergência. Londrina, PR, 2025.

O rápido crescimento inicial observado para as três populações resultou na altura média final de 1,62m e na área total média de 1.200cm², que corroboram com as informações de Vasconcellos et al. (2011), que relataram que a velocidade inicial de crescimento pode ainda variar de acordo com a temperatura do ambiente e das características de fertilidade do solo.

Em relação ao desenvolvimento do caule, a média do máximo peso verde dessa estrutura foi obtida aos 70 DAE, sendo mantido a diferença de maior crescimento para a população de Assis, em relação as de Japira e Ivinhema. No entanto não foi observada diferença estatística entre as três populações, após a secagem (Figura 2).

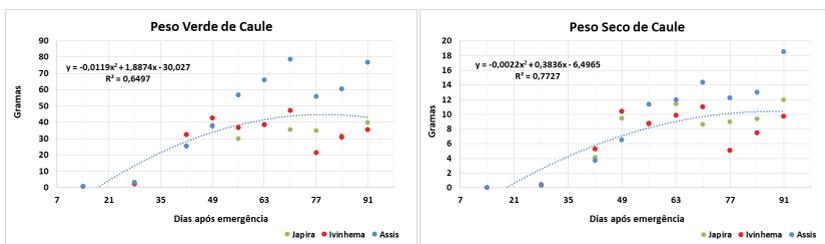


Figura 2. Peso verde e seco do caule, de populações de *Macroptilium lathyroides* dos municípios de Assis (SP), Japira (PR) e Ivinhema (MS), em análise realizadas em diferentes períodos após a emergência. Londrina, PR, 2025.

O crescimento radicular seguiu a mesma tendência geral do desenvolvimento do caule, com o máximo peso verde sendo alcançado aos 70 DAE, na média das três populações, mas com as plantas oriundas de Assis e Japira obtendo maior peso de raízes do que a de Ivinhema. No entanto, a média do máximo peso para as raízes após a secagem ocorreu quase no final do ciclo das plantas, aos 84 DAE, mas sem diferença significativa entre as três populações nessa época de avaliação (Figura 3).

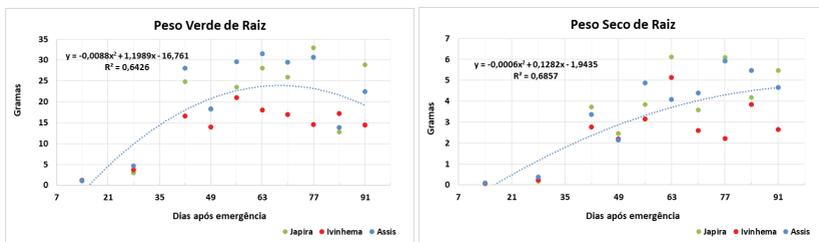


Figura 3. Peso verde e seco das raízes, de populações de *Macroptilium lathyroides* dos municípios de Assis (SP), Japira (PR) e Ivinhema (MS), em análise realizadas em diferentes períodos após a emergência. Londrina, PR, 2025.

A população de Assis foi a que apresentou os primeiros botões formados mais cedo, aos 16 DAE, seguido da população de Ivinhema e Japira, cujos primeiros botões florais foram observados aos 25 e 52 DAE, respectivamente. A análise das estruturas reprodutivas resultou em maior peso verde de botões florais para a população de Assis em relação as de Japira e Ivinhema, com o máximo peso dessas estruturas sendo atingido aos 70 DAE, sendo esses resultados semelhantes aos obtidos por Ramos (2018).

Após a secagem dos botões florais não foram observadas diferenças significativas entre as populações, especialmente após os 70 DAE (Figura 4).

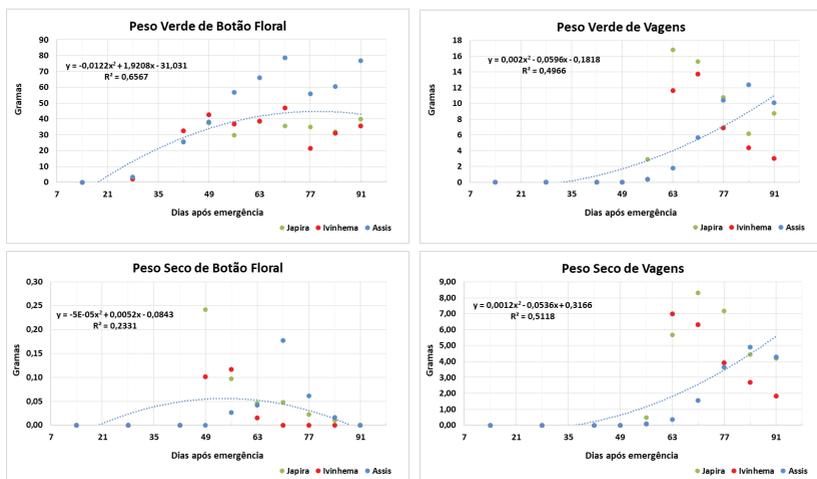


Figura 4. Peso verde e seco dos botões florais e das vagens total, de populações de *Macroptilium lathyroides* dos municípios de Assis (SP), Japira (PR) e Ivinhema (MS), em análise realizadas em diferentes períodos após a emergência. Londrina, PR, 2025.

Até o início da maturação da maioria das vagens, aos 70 DAE, ocorreu inversão dos valores obtidos em relação ao peso verde dos botões florais, pois as populações de Japira e Ivinhema tiveram resultados superiores a de Assis, para o peso verde de vagens. Mas o resultado final, após a secagem das vagens, não houve diferença entre as três populações, o que indica que o mesmo potencial reprodutivo entre elas (Figura 4).

Conclusão

Pelos resultados deste trabalho, conclui-se que a espécie *Macroptilium lathyroides* tem rápido crescimento inicial, com a formação das estruturas vegetativas tendo o seu pico ao redor dos 70 dias após a emergência da planta. As primeiras estruturas reprodutivas, os botões florais, surgiram aos 25 dias após a emergência, sendo a produção máxima de vagens atingida aos 70 dias após a emergência, próximo do final do ciclo. Apesar de algumas diferenças observadas para alguns dos parâmetros analisados, o ciclo e a produção final de vagens não se diferenciou entre as três populações estudadas.

Referências

- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.
- CARVALHO, M. A. C.; MACIEL, R. F.; LIMA, S. F.; SILVA, A. F. *Macroptilium lathyroides*: importância, usos e potencialidades. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 5, n. 2, p. 45-52, 2015.
- COOK, B. G.; PENGELLY, B. C.; SCHULTZE-KRAFT, R.; TAYLOR, M.; BURKART, S.; CARDOSO-ARANGO, J. A.; GONZÁLEZ-GUZMÁN, J. J.; COX, K.; JONES, C.; PETERS, M. **Tropical Forages**: an interactive selection tool. 2nd ed. Cali: International Center for Tropical Agriculture (CIAT); Nairobi: International Livestock Research Institute (ILRI), 2020. Disponível em: <https://www.tropicalforages.info/>. Acesso em: 08 jul. 2025.
- GRAHAM, P. H.; VANCE, C. P. Legumes: importance and constraints to greater use. **Plant Physiology**, v. 131, n. 3, p. 872-877, 2003.
- HUNT, R. **Basic growth analysis**: plant growth analysis for beginners. London: Unwin Hyman, 1990. 112 p.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 7. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014. 1116 p.

RADFORD, P. J. Growth analysis formulae: their use and abuse. **Crop Science**, v. 7, n. 3, p. 171-175, 1967.

RAMOS, A. K. B. Leguminosas forrageiras na agricultura tropical: usos múltiplos e implicações agroecológicas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 13, n. 2, p. 75-88, 2018.

VASCONCELOS, W. A.; SANTOS, E. M.; ANDRADE, A. P.; BRUNO, R. L. A.; EDVAN, R. L. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de figo de pombo (*Macroptilium lathyroides*). **Revista Trópica: ciências agrárias e biológicas**, v. 5 n. 1, p. 3-9, 2011.

