

# 44ª Reunião de Pesquisa de Soja REGIÃO SUL - 2025



## ATAS E RESUMOS

### Organizadores

João Leonardo Fernandes Pires  
Alvadi Antonio Balbinot Junior  
André Julio do Amaral  
Crislaine Sartori Suzana Milan  
Gilberto Rocca da Cunha  
Glauber Monçon Fipke  
Leila Maria Costamilan  
Osmar Conte  
Thomas Newton Martin  
Vinícius dos Santos Cunha  
Vladirene Macedo Vieira



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA E  
PECUÁRIA



Embrapa Trigo  
Ministério da Agricultura e Pecuária  
Universidade de Passo Fundo

## 44<sup>a</sup> Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul

13 e 14 de agosto de 2025

### **Atas e Resumos**

#### Organizadores

João Leonardo Fernandes Pires, Alvadi Antonio Balbinot Junior, André Julio do Amaral, Crislaine Sartori Suzana Milan, Gilberto Rocca da Cunha, Glauber Monçon Fipke, Leila Maria Costamilan, Osmar Conte, Thomas Newton Martin, Vinícius dos Santos Cunha, Vladirene Macedo Vieira

Passo Fundo, RS  
2025

Diagramação: João Leonardo Fernandes Pires e Márcia Barrocas Moreira Pimentel  
Arte da capa: Raoni Locatelli  
Revisão: João Leonardo Fernandes Pires e Márcia Barrocas Moreira Pimentel

CIP – Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

---

R444a Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul (44. : 2025 :  
Passo Fundo, RS)  
Atas e resumos da XLIV Reunião de Pesquisa de Soja da  
Região Sul [recurso eletrônico] / organizadores, João Leonardo  
Fernandes Pires ... [et al.]. – Passo Fundo : Acervus, 2025.  
12 MB ; PDF.

ISBN: 978-65-5230-068-3.

1. Soja - Cultivo - Congressos. 2. Pragas - Controle -  
Congressos. 3. Entomologia. 4. Pesquisa científica. I. Pires,  
João Leonardo Fernandes, org. II. Embrapa Trigo. III. Título.

CDU: 633.34

---

Catalogação: Bibliotecária Jucelei Rodrigues Domingues - CRB 10/1569

## **Embrapa Trigo**

### **Organizadores**

#### **João Leonardo Fernandes Pires**

Engenheiro-agrônomo, doutor, pesquisador da Embrapa Trigo. Rodovia BR-285, Km 294 99022-100 Passo Fundo, RS.

E-mail: joao.pires@embrapa.br

#### **Alvadi Antonio Balbinot Junior**

Engenheiro-agrônomo, doutor, pesquisador da Embrapa Trigo. Rodovia BR-285, Km 294 99022-100 Passo Fundo, RS.

E-mail: alvadi.balbinot@embrapa.br

#### **André Julio do Amaral**

Engenheiro-agrônomo, doutor, pesquisador da Embrapa Trigo. Rodovia BR-285, Km 294 99022-100 Passo Fundo, RS.

E-mail: andre.amaral@embrapa.br

#### **Crislaine Sartori Suzana Milan**

Engenheira-agrônoma, doutora, professora do curso de Agronomia da Universidade de Passo Fundo. Rodovia BR 285, km 292,7 Bairro São José 99052-900 Passo Fundo, RS.

E-mail: ssuzana@upf.br

#### **Gilberto Rocca da Cunha**

Engenheiro-agrônomo, doutor, pesquisador da Embrapa Trigo. Rodovia BR-285, Km 294 99022-100 Passo Fundo, RS.

E-mail: gilberto.cunha@embrapa.br

#### **Glauber Monçon Fipke**

Engenheiro-agrônomo, doutor, professor da Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui. Rua Luiz Joaquim de Sá Britto, s/n 97650-000 Itaqui, RS.

E-mail: glauberfipke@unipampa.edu.br

#### **Leila Maria Costamilan**

Engenheira-agrônoma, mestre, pesquisadora da Embrapa Trigo. Rodovia BR-285, Km 294 99022-100 Passo Fundo, RS.

E-mail: leila.costamilan@embrapa.br

#### **Osmar Conte**

Engenheiro-agrônomo, doutor, pesquisador da Embrapa Trigo. Rodovia BR-285, Km 294 99022-100 Passo Fundo, RS.

E-mail: osmar.conte@embrapa.br



**Thomas Newton Martin**

Engenheiro-agrônomo, doutor, professor do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Av. Roraima, 1000 97105-900 Santa Maria, RS.

E-mail: martin.ufsm@gmail.com

**Vinícius dos Santos Cunha**

Engenheiro-agrônomo, doutor, professor da Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete. Av. Tiarajú, 810 97546-550 Alegrete, RS.

E-mail: viniciuscunha@unipampa.edu.br

**Vladirene Macedo Vieira**

Engenheira-agrônoma, doutora, analista da Embrapa Trigo. Rodovia BR-285, Km 294 99022-100 Passo Fundo, RS.

E-mail: vladirene.vieira@embrapa.br

## **Organização da 44ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul**

### **Embrapa Trigo**

#### Comissão Organizadora da 44ª RPSRS

João Leonardo Fernandes Pires – Coordenador do evento  
Alvadi Antonio Balbinot Junior  
André Julio do Amaral  
Crislaine Sartori Suzana Milan  
Gilberto Rocca da Cunha  
Leandro Vargas  
Leila Maria Costamilan  
Osmar Conte  
Vladirene Macedo Vieira

#### Entidades credenciadas participantes

Associação Sulina de Crédito e assistência Rural – ASCAR/Associação  
Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural –  
EMATER/RS  
Cooperativa Central Gaúcha Ltda – CCGL/RTC  
Embrapa Clima Temperado  
Embrapa Pecuária Sul  
Embrapa Trigo  
Epagri  
Sociedade Educacional Três de Maio – SETREM  
Universidade de Passo Fundo – UPF  
Universidade Federal de Pelotas – UFPEL  
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

#### Alerta

As entidades participantes da 44ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul eximem-se de qualquer garantia, seja expressa ou implícita, quanto ao uso destas indicações técnicas. Destacam que não assumem responsabilidade por perdas ou danos, incluindo, mas não se limitando a, tempo e dinheiro, decorrentes do emprego das mesmas, uma vez que muitas causas não controladas, em agricultura, podem influenciar o desempenho das tecnologias indicadas.



## APRESENTAÇÃO

A 44ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul foi realizada no período de 13 e 14 de agosto de 2025 pela Embrapa Trigo nas dependências da Universidade de Passo Fundo. O formato da edição de 2025 foi inovador, pois reuniu, em um mesmo evento, a “44ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul” o “Fórum Nacional do Trigo e Soja 2025” e a “17ª Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale”. Na oportunidade foram abordados temas comuns às duas principais culturas que ocupam as áreas agrícolas do Sul do Brasil no inverno e no verão. Temas como transição energética, agenda do carbono, análise econômica do sistema trigo-soja, resiliência climática no sistema trigo-soja, gestão de riscos, bioinsumos e uso de Drones no controle fitossanitário foram alguns dos assuntos comuns às duas culturas apresentados e debatidos no formato de palestras e painéis. Já, na Reunião de Pesquisa, foram apresentados oralmente trabalhos científicos em Comissões Técnicas divididas em sete grandes áreas. O trabalho realizado antes, durante e após a Reunião, possibilitou a atualização de diversos assuntos que fazem parte das “Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2025/2026 e 2026/2027”, a fim de qualificar o material disponibilizado para a comunidade científica e técnica envolvida com a cultura da soja. Baseado nos trabalhos e discussões realizadas, foi possível, pela primeira vez, incluir informações sobre o uso da agricultura de precisão na cultura da soja, incorporar avanços nas indicações para terras baixas, sobre arranjo de plantas, na área de adubação e gessagem, sobre coinoculação, no manejo fitossanitário, entre outros. Essa publicação apresenta um relato de parte das discussões e encaminhamentos realizados durante 44ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul e os 37 trabalhos apresentados por diferentes grupos de pesquisa de Instituições públicas e privadas que participaram do evento. Também, contempla temas “encomendados” durante a 43ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul realizada em Santa Maria em 2022. Em nome da Comissão Organizadora, fica o agradecimento a todos que submeteram trabalhos e participaram como apresentadores ou como ouvintes. Também, em especial, a todas as empresas que contribuíram como patrocinadoras e/ou participantes do evento. O sucesso do evento e a incorporação de avanços nas indicações técnicas da cultura contribuirão para o uso das melhores práticas para a sojicultura no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, tornando o cultivo mais sustentável, resiliente e rentável.

João Leonardo Fernandes Pires  
Pela Coordenação da 44ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul





## SUMÁRIO

<b>Programação .....</b>	<b>11</b>
<b>Sessão plenária solene de abertura .....</b>	<b>13</b>
<b>Sessão das comissões técnicas .....</b>	<b>14</b>
<b>Atas e Artigos por Comissão Técnica .....</b>	<b>14</b>
<b>1. Ata e Artigos da Comissão de Ecologia, Fisiologia e Práticas Culturais .....</b>	<b>15</b>
1.1 Participantes .....	15
1.1.1 Representantes credenciados .....	15
1.1.2 Demais participantes .....	15
1.2 Trabalhos apresentados .....	16
1.3 Trabalho destaque .....	17
1.4 Atualizações das indicações técnicas .....	17
1.5 Necessidades e prioridades de pesquisa .....	17
1.6 Resumos expandidos .....	17
<b>2. Ata e Artigos da Comissão de Entomologia .....</b>	<b>131</b>
2.1 Participantes .....	131
2.1.1 Representantes credenciados .....	131
2.1.2 Demais participantes .....	131
2.2 Trabalhos apresentados .....	131
2.3 Trabalho destaque .....	131
2.4 Atualizações das indicações técnicas .....	131
2.5 Necessidades e prioridades de pesquisa .....	132
2.6 Proposições apresentadas .....	132
2.7 Resumos expandidos .....	132
<b>3. Ata e Artigos da Comissão de Fitopatologia .....</b>	<b>154</b>
3.1 Participantes .....	154
3.1.1 Representantes credenciados .....	154
3.2 Trabalhos apresentados .....	154
3.3 Trabalho destaque .....	154
3.4 Atualizações das indicações técnicas .....	154
3.5 Necessidades e prioridades de pesquisa .....	155
3.6 Proposições apresentadas .....	155
3.7 Resumos expandidos .....	155
<b>4. Ata e Artigos da Comissão de Controle de Plantas Daninhas .....</b>	<b>161</b>
4.1 Participantes .....	161
4.1.1 Representantes credenciados .....	161
4.1.2 Demais participantes .....	161
4.2 Trabalhos apresentados .....	161
4.3 Trabalho destaque .....	161
4.4 Atualizações das indicações técnicas .....	162
4.5 Necessidades e prioridades de pesquisa .....	162
4.6 Proposições apresentadas .....	162

4.7 Resumos expandidos .....	162
<b>5. Ata e Artigos da Comissão de Genética, Melhoramento e Tecnologia de Sementes .....</b>	<b>184</b>
5.1 Participantes .....	184
5.1.1 Representantes credenciados .....	184
5.1.2 Demais participantes .....	184
5.2 Trabalhos apresentados .....	185
5.3 Trabalho destaque .....	185
5.4 Atualizações das indicações técnicas .....	185
5.5 Necessidades e prioridades de pesquisa .....	186
5.6 Proposições apresentadas .....	186
5.7 Resumos expandidos .....	186
<b>6. Ata e Artigos da Comissão de Difusão de Tecnologia e Socioeconomia .....</b>	<b>214</b>
6.1 Participantes .....	214
6.1.1 Representantes credenciados .....	214
6.1.2 Demais participantes .....	214
6.2 Trabalhos apresentados .....	215
6.3 Trabalho destaque .....	215
6.4 Atualizações das indicações técnicas .....	215
6.5 Necessidades e prioridades de pesquisa .....	215
6.6 Proposições apresentadas .....	215
6.7 Resumos expandidos .....	215
<b>7. Ata e Artigos da Comissão de Nutrição Vegetal e Uso do Solo .....</b>	<b>223</b>
7.1 Participantes .....	223
7.1.1 Representantes credenciados .....	223
7.1.2 Demais participantes .....	223
7.2 Trabalhos apresentados .....	224
7.3 Trabalho destaque .....	225
7.4 Atualizações das indicações técnicas .....	225
7.5 Necessidades e prioridades de pesquisa .....	226
7.6 Proposições apresentadas .....	226
7.7 Resumos expandidos .....	226
<b>Sessão plenária da Assembleia Geral .....</b>	<b>319</b>
Ata da Assembleia Geral .....	319
<b>Anexos .....</b>	<b>322</b>
Homenagens 44ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul .....	323
Coordenadores(as) e relatores(as) das Comissões Técnicas da 44ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul .....	325
Histórico da Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul .....	326
Regimento Interno da Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul .....	334

## **Programação**

### **13/08/2025 – Quarta-feira**

07:30 - 08:15 - Credenciamento e entrega de material

08:15 - 08:45 - Saudação de boas-vindas e informação sobre a dinâmica das Reuniões

- Relatório da Presidência da 44ª RPSRS – Thomas Martin (UFSM)

08:45 - 09:50 - Palestra: Oportunidades e desafios no uso de bioinsumos no sistema trigo-soja

- Moderador – Anderson Ferreira (Embrapa Trigo)
- Palestrante – Thomas Martin (UFSM)

09:50 - 10:00 - Momento Patrocinador Ouro – Corteva

10:00 - 10:20 - Pausa Produtiva (Visitação aos pôsteres)

10:20 - 11:40 - Painel: Benefícios, limitações e demandas de pesquisa sobre uso de DRONES no controle fitossanitário

- Moderador – Christian Bredemeier (UFRGS)
- Palestrantes
  - Visão da Pesquisa – Fabricio Povh (Fundação ABC)
  - Visão do Usuário – Marcio Turella (Produtor rural Lagoa Vermelha, RS)

11:40 - 11:50 - Momento Patrocinador Ouro – Syngenta

11:50 - 12:00 - Instalação das Comissões/Subcomissões das Reuniões com indicação de Coordenadores e Secretários

- Coordenador – João Leonardo Fernandes Pires (Embrapa Trigo)

12:00 - 13:30 - Intervalo para almoço

13:30 - 16:00 - Início dos trabalhos nas Comissões

- Comissão de Genética, Melhoramento e Tecnologia de Sementes
- Comissão de Nutrição Vegetal e Uso do Solo
  - Palestra inicial: Atualizações das indicações para calagem, gessagem e adubação. Palestrante: Tales Tiecher (UFRGS)
- Comissão de Fitopatologia
  - Palestra inicial: Proposta de atualização do conteúdo sobre fitopatologia nas Indicações Técnicas de Soja. Palestrante: Leila Costamilan (Embrapa Trigo)
- Comissão de Entomologia
  - Palestra inicial: A reversão da resistência a piretróides em insetos-praga: uma realidade. Palestrante: Jonas André Arnemann (UFSM)
- Comissão de Controle de Plantas Daninhas



- Comissão de Ecologia, Fisiologia e Práticas Culturais

Palestras:

- Distribuição de plantas na cultura da soja: 25 anos de contribuições científicas. Palestrante: Thomas Newton Martin (UFSM)
- Agricultura de Precisão na cultura da soja: proposta para aprimoramento das indicações técnicas. Palestrante: Vinícius dos Santos Cunha (Unipampa, Alegrete, RS).
- Cultivo de soja em terras baixas do Rio Grande do Sul: evolução nos últimos 10 anos. Palestrante: Glauber Monçon Fipke (Unipampa, Itaqui, RS).

- Comissão de Difusão de Tecnologia e Socioeconomia

- Palestra inicial: Sugestões para aprimoramento da Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul. Palestrante: Osmar Conte (Embrapa Trigo)

16:00 - 16:20 - Pausa Produtiva (visitação aos pôsteres)

16:20 - 18:00 - Continuidade dos trabalhos nas Comissões

18:00 - 18:00 - Encerramento das atividades técnicas do dia

19:00 - 21:00 - Campo Aberto: Happy Hour Trigo-Soja

- Henriqueta Eventos - BR 285, Km 299,5, Perimental Norte, Passo Fundo/RS.

**14/08/2025 – Quinta-feira**

08:00 - 10:00 - Continuidade dos trabalhos nas Comissões

10:00 - 10:20 - Pausa Produtiva (visitação aos pôsteres)

10:20 - 12:00 - Continuidade dos trabalhos nas Comissões

12:00 - 13:30 - Intervalo para almoço

13:30 - 13:40 - Momento patrocinador Ouro – GDM

13:40 - 14:10 - Plenária final

- Palestra: Avaliação das últimas safras de soja e perspectivas da safra 2025/2026. Palestrante: Alencar Paulo Rugeri (Emater/Ascar, RS).

14:10 - 15:40 - Apresentação dos trabalhos destaque

15:30 - 16:00 - Relato e aprovação da Ata das Comissões Técnicas

16:00 - 16:20 - Pausa produtiva

16:20 - 17:00 - Relato e aprovação da Ata das Comissões Técnicas

17:00 - 17:10 - Indicação de instituição para coordenação da próxima Reunião

17:10 - 17:30 - Assuntos gerais

17:30 - 17:30 - Encerramento

## SESSÃO PLENÁRIA SOLENE DE ABERTURA

### **Ata da sessão plenária solene de abertura**

Às oito horas e quinze minutos do dia 13 de agosto de 2025, no Anfiteatro da Faculdade de Direito (Prédio U1) da Universidade de Passo Fundo, foi realizada a Sessão de Abertura da 44ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul. Fizeram parte da mesa oficial as seguintes autoridades: Pesquisador Mércio Luiz Strieder, Chefe de Pesquisa e Desenvolvimento, representando a Embrapa Trigo; Pesquisador Gilberto Rocca da Cunha, representando a Organização dos eventos conjuntos (Fórum Nacional do Trigo e Soja 2025, 44ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul e 17ª Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale); Professor Pesquisador Thomas Newton Martin, Presidente da 43ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, representando a Universidade Federal de Santa Maria; Pesquisador Juliano Luiz de Almeida, Presidente da 16ª Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, representando a Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária; Pesquisador João Leonardo Fernandes Pires, Coordenador da 44ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul e Pesquisador Ricardo Lima de Castro, Coordenador da 17ª Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. Inicialmente, fez uso da palavra, o Chefe De Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Trigo Pesquisador Mércio Strieder, dando boas-vindas aos participantes em nome da Instituição realizadora. O pesquisador Gilberto Cunha, em nome Organização dos Eventos, realizou uma breve homenagem à pessoas que tiveram contribuições relevantes para as culturas do trigo e da soja e que faleceram nos últimos anos, entre elas Augusto Carlos Baier, Rui Polidoro Pinto, Eduardo Elias Abraham e Liciane Toazza Duda Bonatto. Na sequência o Professor Thomas Martin e o Pesquisador Juliano Almeida apresentaram um breve relato sobre as ações realizadas no período entre a 43ª e a 44ª Reunião de Pesquisa de Soja e entre a 16ª e 17ª Reunião de Pesquisa de Trigo e Triticale. Após os relatos, foram transferidas as coordenações das Reuniões de 2025 para os Pesquisadores João Leonardo Pires e Ricardo Lima de Castro. Com esse ato simbólico foram declaradas abertas a 44ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul e a 17ª Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. Na sequência ao ato solene foram iniciados os trabalhos, de forma conjunta, com a realização de palestra e painel técnico, seguidos da instalação das Comissões técnicas de cada Reunião.

## SESSÃO DAS COMISSÕES TÉCNICAS

Atas e Artigos por Comissão Técnica

## 1. Ata e Artigos da Comissão de Ecologia, Fisiologia e Práticas Culturais

A Comissão de Ecologia, Fisiologia e Práticas Culturais, tendo como coordenador o Prof. Dr. Vinicius dos Santos Cunha (Unipampa/Alegrete) e relator o Pesquisador Dr. Alvadi Antonio Balbinot Junior (Embrapa Trigo), reuniram-se nos dias 13 e 14 de agosto de 2025, nas dependências da Universidade de Passo Fundo em Passo Fundo, RS, contando com a presença dos seguintes participantes:

### 1.1 Participantes

#### 1.1.1 Representantes credenciados

Número	Nome	Instituição
1	Ana Cláudia Barneche de Oliveira	Embrapa Clima Temperado
2	Alvadi Antonio Balbinot Junior	Embrapa Trigo
3	Glauber Monçon Fipke	Unipampa/Itaqui
4	André Luis Vian	UFRGS

#### 1.1.2 Demais participantes

Número	Nome	Instituição
1	Alice Agostinetti Saggioratto	Xiru Agrogenética
2	Alvadi Antonio Balbinot Junior	Embrapa Trigo
3	Ana Cláudia Barneche de Oliveira	Embrapa Clima Temperado
4	Anderson Cesar Ramos Marques	UFSM
5	André Luis Vian	UFRGS
6	Fernando Arnuti	TMG
7	Glauber Monçon Fipke	Unipampa/Itaqui
8	Guilherme Chimarelli Almeida	OR Genética de Sementes
9	João Leonardo Fernandes Pires	Embrapa Trigo
10	João Pedro Marasca Perucio	-
11	Letícia Possel	Unipampa
12	Luís Nascimento Brum	UFSM
13	Luís Felipe Rossetto Gerlach	UFRGS
14	Luka da Costa Bianchin	Unipampa
15	Otávio Diesel Kohler	UFSM
16	Sara Jordana Zanatta	UFSM
17	Stephany Malfatti Francisco	UTFPR
18	Teresa Enderle	UFRGS
19	Thiago Santos Cocco	UFRGS
20	Thomas Martin	UFSM
21	Vinicius dos Santos Cunha	Unipampa
22	Vitória Pinheiro Chuquel	Unipampa
23	Vitória Romero Garcia	Unipampa
24	Weliton Von Muhlen Filho	UFSM
25	Gabriela Lima Leal	UFRGS



## 1.2 Trabalhos apresentados

Número	Título	Apresentador
35575	Comportamento espectral de NDVI em diferentes épocas de semeadura da soja no Rio Grande do Sul	Teresa Enderle
35570	Dinâmica espectral da soja conforme diferentes grupos de maturidade relativa no Rio Grande do Sul	Luís Felipe Rossetto Gerlach
35562	Aplicações de <i>Trichoderma asperelloides</i> na produção de soja: uma visão baseada em dados bibliométricos	Sara Jordana Zanatta
35560	<i>Trichoderma asperelloides</i> na produção de soja	Sara Jordana Zanatta
35773	Uso de reguladores vegetais em componentes de produtividade e germinação da soja	Weliton de Almeida Lansana
35583	Efeito do uso de fitormônios na cultura da soja e seus aspectos produtivos	Anderson Cesar Ramos Marques
34701	Desempenho da soja submetida ao déficit hídrico em função de coberturas do solo no outono/inverno com forrageiras tropicais	Alvadi Antonio Balbinot Junior
35409	Plantas de cobertura antecedendo a soja em terras baixas	Vitória Pinheiro Chuquel
34827	Produtividade e margem bruta de modelos de produção envolvendo a soja nas terras baixas da Fronteira Oeste do RS	Letícia Possel
35677 - Minipalestra - Mudança Indicação	Agricultura de precisão na cultura da soja: proposta para aprimoramento das indicações técnicas	Vinícius dos Santos Cunha
35553 - Minipalestra - Mudança Indicação	Distribuição de plantas na cultura da soja: 25 anos de contribuições científicas	Thomas Newton Martin
38813 Minipalestra - Mudança Indicação	Cultivo de soja em terras baixas do Rio Grande do Sul: evolução nos últimos 10 anos	Glauber Monçon Fipke

### 1.3 Trabalho destaque

Número	Título	Apresentador
35575	Comportamento espectral de NDVI em diferentes épocas de semeadura da soja no Rio Grande do Sul	Teresa Enderle

### 1.4 Atualizações das indicações técnicas

- Texto sobre arranjo espacial de plantas. A atualização tem como foco a uniformidade de distribuição de plantas. Texto inicial redigido pelo professor Thomas Martin (UFSC), tendo como colaboradores Alvadi Balbinot (Embrapa Trigo) e Vinícius Cunha (Unipampa).
- Novo item sobre agricultura de precisão. Texto inicial redigido pelo professor Vinícius Cunha (Unipampa/Alegrete), tendo como colaboradores André Vian (UFRGS) e o pesquisador Naylor Perez (Embrapa Pecuária Sul).
- Atualização sobre tecnologias para o cultivo de soja em terras baixas, em rotação com o arroz irrigado, incluindo a apresentação do desempenho de cultivares de soja nesse ambiente e estratégias de manejo para atenuar efeitos da hipoxia e do déficit hídrico. O texto atualizado será redigido pelo professor Glauber Fipke (Unipampa/Itaqui), professor Vinícius Cunha (Unipampa/Alegrete), e o pesquisador João Pires contatará colegas da Embrapa Clima Temperado e do IRGA para colaborar no texto revisado.

### 1.5 Necessidades e prioridades de pesquisa

- Na metade Sul do RS, tanto em áreas de coxilha quanto em terras baixas, práticas para reduzir impedimentos físicos e químicos ao crescimento radicular da soja.
- Fitormônios e reguladores de crescimento para a cultura da soja. Produtores rurais vêm utilizando de forma ampla produtos desta natureza, sem o adequado respaldo técnico/científico.
- Em regiões mais quentes do Sul do Brasil há necessidade de pesquisas sobre o desempenho da soja em semeaduras mais antecipadas, respeitando o vazio sanitário definido para cada Estado. Pesquisas desta natureza devem considerar os modelos de produção como um todo e não somente a cultura da soja.

### 1.6 Resumos expandidos

## **Comportamento espectral de NDVI em diferentes épocas de semeadura da soja no Rio Grande do Sul**

Teresa Enderle<sup>(1\*)</sup>, Luís Felipe Rossetto Gerlach<sup>(2)</sup>, Márcio Gabriel Motke Wrubleski<sup>(1)</sup>, Thauhana Cássia Gasparotto Kuhn<sup>(1)</sup>, Christian Bredemeier<sup>(3)</sup> e André Luís Vian<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Estudante de graduação em agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre (RS). <sup>(2)</sup> Estudante de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia - UFRGS. <sup>(3)</sup> Professor do Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia da UFRGS. (\*) terenderle@gmail.com.

**Resumo** – O uso de índices espectrais como o NDVI tem se consolidado como ferramenta essencial no monitoramento da soja, permitindo avaliar vigor e desenvolvimento ao longo do ciclo. Este estudo analisou 579 lavouras comerciais no Rio Grande do Sul, entre as safras de 2018/19 e 2023/24, investigando o comportamento do NDVI conforme o mês de semeadura (outubro a janeiro) e classes de produtividade (baixa, média e alta). As curvas médias de NDVI foram suavizadas por modelos LOESS. Talhões de alta produtividade apresentaram picos mais altos e platôs duradouros, indicando maior vigor vegetativo. Já áreas de baixa produtividade mostraram curvas achatadas, com NDVI inferior a 0,75 e maior variabilidade, sugerindo estresses em fases críticas como R1 a R5. As semeaduras de novembro e dezembro evidenciaram maior capacidade de discriminação entre os níveis produtivos. Os resultados reforçam o valor do NDVI como indicador de desempenho agrônomo em soja.

**Termos para indexação:** índices espectrais, período de plantio, produtividade.

### **Spectral behavior of NDVI at different sowing times in Rio Grande do Sul**

**Abstract** – The use of spectral indices such as NDVI has established itself as an essential tool in soybean monitoring, allowing to evaluate vigor and development throughout the cycle. This study analyzed 579 commercial crops in Rio Grande do Sul, between the 2018/19 and 2023/24 harvests, investigating the behavior of NDVI according to sowing month (October to January) and productivity classes (low, medium and high). The mean NDVI curves were smoothed by LOESS models. High productivity plots showed higher peaks and long-lasting plateaus, indicating greater vegetative vigor. Already areas of low productivity showed flat curves, with NDVI less than 0.75 and greater variability, suggesting stresses in critical phases such as R1 to R5. The sowing of November and December showed greater ability to discriminate between productive levels. The results reinforce the value of NDVI as an indicator of agronomic performance in soybean.

**Index terms:** spectral indices, sowing period, yield.

## Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é fundamental para a agricultura global, especialmente no Brasil, onde é base da economia e da segurança alimentar. O uso de tecnologias de sensoriamento remoto, particularmente por meio de índices como o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), tornou-se essencial para o monitoramento não invasivo da cultura, permitindo avaliar a cobertura do dossel, vigor e produtividade ao longo do ciclo (FARIAS et al., 2022; ANDRADE et al., 2020).

O NDVI, calculado com base na reflectância nas bandas do vermelho e infravermelho próximo, tem forte correlação com a biomassa da parte aérea e o acúmulo de nutrientes em soja. Estudos mostram relações significativas entre NDVI e indicadores agronômicos como rendimento, fósforo e potássio acumulados (FARIAS et al., 2022).

A dinâmica temporal do índice também se associa às fases fenológicas da planta, apresentando picos entre 80 e 100 dias após a semeadura (DAS), momentos críticos para a formação de grãos (ANDRADE et al., 2020; BARIANI et al., 2015). Estudos que combinam séries temporais de NDVI, dados climáticos e modelos de aprendizado de máquina demonstram que a janela de plantio influencia o período de início da safra, pico vegetativo e manejo agrônomo (SANTANA et al., 2024). No contexto brasileiro, pesquisas no Semiárido de Piauí aplicaram modelos de regressão múltipla com NDVI de satélite para estimar produtividade da soja com  $R^2$  entre 0,88 e 0,91, evidenciando a viabilidade técnica desses indicadores (ANDRADE et al., 2022).

Apesar do amplo uso do NDVI para estimativas regionais de produtividade, poucos estudos investigaram o comportamento espectral da soja, baseado em diferentes épocas de semeadura e estratificado por classes de produtividade. Essa análise detalhada é essencial, pois permite evidenciar janelas sazonais críticas em que o incremento ou limitação do vigor está relacionado a fatores climáticos e manejo.

Dessa forma, o objetivo foi avaliar o comportamento espectral do NDVI em diferentes lavouras comerciais em função da época de semeadura no Rio Grande do Sul.

## Material e métodos

O estudo foi conduzido com base em dados de lavouras comerciais de soja localizadas no Rio Grande do Sul, sendo avaliadas 579 lavouras entre as safras agrícolas 2018/19 e 2023/24). Em cada lavoura foram registrados a data de semeadura e a produtividade final ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e posteriormente divididas em três classes: de produtividade baixa ( $\leq 2.400 \text{ kg ha}^{-1}$ ), média ( $2.401\text{--}3.600 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e alta ( $> 3.601 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Posteriormente analisou-se a série temporal do Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) (ROUSE et al., 1974) com a AURAVANT®, sendo compilado o valor médio de NDVI do talhão para cada dia com imagem sem nuvens ao longo do ciclo da cultura.

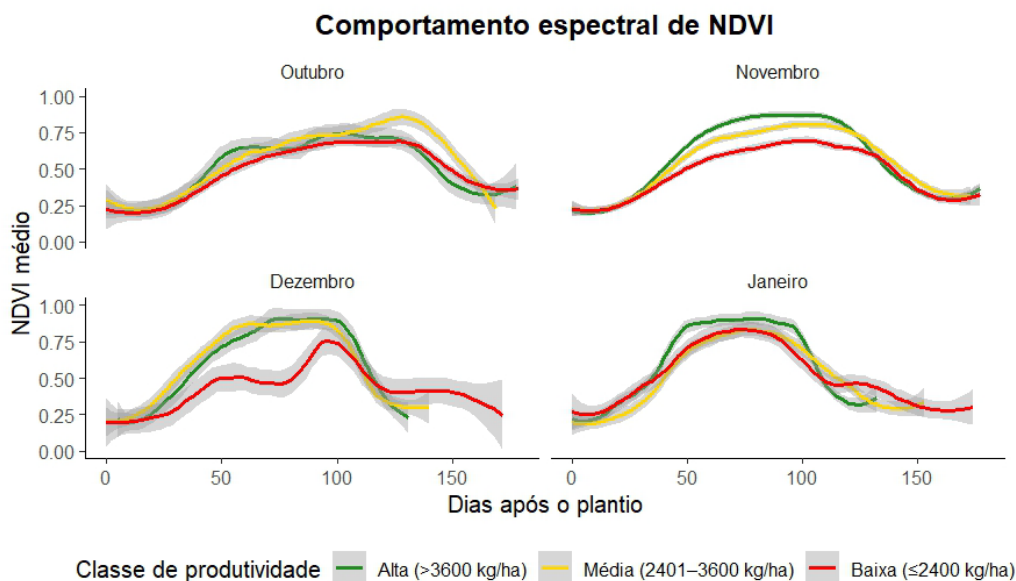
As áreas do estudo estão distribuídas nas regiões 101 e 102 de produção de soja do RS, e tem condições climáticas classificado como o tipo Cfa (Köppen - KUINCHTNER & BURIOL 2001), apresentando estações bem definidas, sendo verão e inverno, ocorrendo precipitação em todos os meses do ano. A faixa de temperatura média do ar desta classificação climática nos meses mais frios varia entre  $-3^{\circ}\text{C}$  e  $18^{\circ}\text{C}$ , com média maior que  $22^{\circ}\text{C}$  no mês mais quente (SILVA FILHO et. al, 2021; INMET 2024).

Os dados foram registrados nos meses de outubro, novembro, dezembro e janeiro, que compreende o período de cultivo da soja no RS. Com isso, foram obtidas as curvas médias de NDVI ao longo dos dias após a semeadura (DAS). As curvas foram suavizadas por meio de modelos LOESS (locally estimated scatterplot smoothing), com faixas de desvio-padrão representando a variabilidade intra-grupo. As análises foram realizadas no software R - Versão 4.4.1 (R CORE TEAM, 2023).

## Resultados e discussão

A análise dos dados espectrais obtidos a partir do NDVI, organizados por mês de semeadura e por classes de produtividade, revelou padrões distintos de desenvolvimento da cultura da soja ao longo do ciclo fenológico. As curvas permitiram observar diferenças de vigor vegetativo entre os talhões, destacando a influência conjunta da época de plantio e do desempenho produtivo sobre o comportamento espectral da lavoura. O comportamento espectral

independentemente do mês de plantio, os talhões de alta produtividade apresentam curvas de NDVI com maior amplitude e pico mais elevado, geralmente entre 80 e 100 dias após a semeadura (DAS) (Figura 1). Esses padrões são coerentes com o esperado para lavouras bem desenvolvidas, com elevada interceptação de radiação e fechamento rápido do dossel (Santana et al., 2024).



**Figura 1.** Comportamento espectral do NDVI ao longo dos dias após a semeadura (DAS), estratificado por mês de semeadura (outubro, novembro, dezembro e janeiro) e classe de produtividade: Alta (>3600 kg ha<sup>-1</sup>), Média (2401–3600 kg ha<sup>-1</sup>) e Baixa (≤2400 kg ha<sup>-1</sup>). As faixas cinzas representam o desvio-padrão para cada grupo.

A maior concentração de lavouras avaliadas ( $n = 399$ ), com a semeadura de novembro, demonstra as curvas mais definidas e coerentes com o desenvolvimento vegetativo visto no campo. Ainda, as maiores diferenças entre classes ocorrem nas semeaduras de novembro e dezembro, sugerindo que essas janelas oferecem condições ambientais (temperatura, precipitação) mais propícias para expressar diferencial de produtividade. Essa influência das épocas de semeadura sobre o NDVI da cultura pode estar atrelada também ao número de dias do ciclo das cultivares conforme a data de semeadura, sendo que o ciclo total da cultura é reduzido em semeaduras realizadas nos meses de novembro e dezembro, em comparação à semeadura em outubro (CUNHA et al., 2001).

As lavouras de produtividade média apresentaram valores de NDVI entre 0,75 e 0,85. A queda precoce do vigor espectral sugere que algum fator de estresse, possivelmente hídrico ou nutricional, impôs limitação ao enchimento de grãos, reduzindo a produtividade sem provocar colapso total do dossel.

Por sua vez, os talhões de baixa produtividade exibiram NDVI máximo ainda menor (abaixo de 0,75). Esse padrão refere-se diretamente a condições de estresse severo durante os momentos críticos dos estágios reprodutivos (R1–R5). Estudos demonstram que estresse hídrico nessas fases impacta drasticamente a troca gasosa e a biomassa da soja, refletindo em baixa intensidade espectral (Ahmed et al., 2021). Além disso, Pejić et al. (2011) identificaram que o NDVI tende a reduzir significativamente durante o florescimento e enchimento de vagens quando ocorrem deficiência hídrica, corroborando as altas variabilidades observadas nas curvas de baixa produtividade.

Essa variação de NDVI também está alinhada com recentes evidências da sensibilidade do índice a estresse hídrico. Um estudo usando sensores hiperespectrais demonstrou que déficit hídrico nos estágios R4–R5 reduz o valor de NDVI e altera o desenvolvimento fenológico, sendo claramente visível nas curvas espectrais (Wang et al., 2023). Isso reforça que tanto a altura quanto a duração do platô de NDVI são indicadores úteis para diferenciar o nível de estresse e prever produtividade.

Por fim, a amplitude maior das curvas de alta produtividade, com platôs prolongados e picos elevados, indica que essas lavouras mantêm vigor por mais tempo, com fechamento do dossel efetivo e condições agronômicas favoráveis, conforme apontado por Santana et al. (2024) ao correlacionar picos espectrais com bom desenvolvimento vegetativo. Isso reforça a hipótese de que o NDVI pode não apenas refletir o estado fisiológico das plantas, mas também capturar as interações entre época de semeadura, clima e manejo, como sugerido por Andrade et al. (2022).

Esses resultados corroboram o uso do NDVI como ferramenta diagnóstica para identificar padrões espectrais associados à performance produtiva da soja, reforçando sua utilidade na agricultura de precisão.

## Conclusões

1. Lavouras de alta produtividade apresentaram maiores valores de NDVI e por maior período de dias, indicando maior vigor vegetativo e menor variabilidade espectral ao longo do ciclo da soja.
2. Lavouras de baixa produtividade apresentam menores valores de NDVI, com menor valor máximo e alta dispersão, sugerindo a ocorrência de estresses hídricos, nutricionais ou fitossanitários nos estágios críticos entre R1 e R5.
3. A época de semeadura influenciou diretamente o comportamento espectral, sendo os meses de novembro e dezembro os mais responsivos em termos de diferenciação entre classes produtivas, enquanto plantios de janeiro apresentaram menor contraste.

## Referências

- AHMED, M. et al. Excess water stress effects at R4–R5 stage. **Remote Sensing**, 2021.
- ANDRADE, T. G. et al. Soybean yield prediction using remote sensing in southwestern Piauí, Brazil. **Rev. Caatinga**, v.35, n.1, p.105-116, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n111rc>
- BARIANI, P. C. et al. NDVI temporal monitoring in irrigated soybean: phenological stage identification. **Cercetări Agronomice în Moldova**, 2015.
- FARIAS, L. H. et al. NDVI as predictor of biomass and nutrient uptake in soybean. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.959681>
- PEJIĆ, B. et al. Soybean response to water stress at growth stages. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 9, n.1, p. 280-284, 2011.
- ROUSE, J. W.; et al. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. **NASA**, 1974.
- SANTANA, C. T. C. et al. Method for estimating soybean phenological dates using MODIS NDVI in Brazil. **Remote Sensing**, v.16, n.14, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs16142520>
- WANG, Y. Q. et al. Quantitative response to drought stress during flowering. **Agronomy**, 2023.



## **Dinâmica espectral da soja conforme diferentes grupos de maturidade relativa no Rio Grande do Sul**

Luís Felipe Rossetto Gerlach <sup>(1\*)</sup>, André Luiz Vian <sup>(2)</sup>, Christian Bredemeier <sup>(2)</sup>,  
Teresa Enderle <sup>(3)</sup>, Anna Elisa Petersen Gatelli <sup>(3)</sup> e Thauhana Cássia  
Gasparotto Kuhn <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Estudante de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; <sup>(2)</sup> Professor do Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia - UFRGS <sup>(3)</sup> Estudante de graduação em Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (\*) lfelipeross@hotmail.com

**Resumo** – A produtividade da soja no sul do Brasil varia conforme as condições climáticas, a época de semeadura e as características genéticas das cultivares. O grupo de maturação relativa influencia diretamente o ciclo da cultura, afetando seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. Este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento espectral da soja em quatro safras consecutivas no estado do Rio Grande do Sul. Foram analisadas curvas temporais do índice, além de estatísticas descritivas da produtividade para cada grupo e safra. Os resultados demonstraram que independente do grupo de maturidade relativa, a definição de produtividade está atrelada as condições meteorológicas da safra. Além disso, um maior vigor vegetativo (curva espectral), principalmente entre quarenta e noventa dias após a semeadura indica forte relação com a produtividade. Conclui-se que a combinação entre dados espectrais e grupos de maturação permite identificar padrões de desenvolvimento e desempenho produtivo, auxiliando no planejamento agrícola em regiões sujeitas à variabilidade climática.

**Termos para indexação:** *Glycine max L.*, sensoriamento remoto, variabilidade climática.

## **Spectral dynamics of soybean according to different relative maturity groups in Rio Grande do Sul.**

**Abstract** – Soybean yield in southern Brazil varies according to climatic conditions, sowing date, and the genetic characteristics of cultivars. The relative maturity group (RMG) directly influences the crop cycle, affecting its vegetative and reproductive development. This study aimed to evaluate the spectral behavior of soybean across four consecutive growing seasons in the state of Rio Grande do Sul. Temporal curves of vegetation indices and descriptive statistics of yield were analyzed for each maturity group and season. The results showed that, regardless of the RMG, yield determination is closely linked to the meteorological conditions of the season. Moreover, greater vegetative vigor—represented by spectral curves, especially between forty and ninety days after sowing—showed a strong relationship with yield. It is concluded that the combination of spectral data and maturity groups enables the identification of

development and productivity patterns, supporting agricultural planning in regions exposed to climatic variability.

**Index terms:** *Glycine max* L., remote sensing, climatic variability.

## Introdução

Em regiões de alta variabilidade climática, como o sul do Brasil, a produtividade da soja depende fortemente da interação entre o ambiente, a época de semeadura e as características genéticas das cultivares. Nesse cenário, o Grupo de Maturação Relativa (GMR) desempenha um papel central na definição do ciclo da cultura e na sua capacidade de adaptação aos diferentes regimes térmicos e hídricos. A escolha do GMR adequado permite não apenas ajustar a duração das fases vegetativas e reprodutivas, mas também aumentar a eficiência na interceptação da radiação e minimizar os riscos associados ao estresse abiótico (SILVA et al., 2020; ZANON et al., 2015).

O uso de indicadores espectrais para monitorar a dinâmica da soja vem ganhando destaque como ferramenta de avaliação agrônômica em tempo real, particularmente em regiões com alta variabilidade climática, como o sul do Brasil. Entre esses indicadores, o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) se destaca por sua sensibilidade à biomassa foliar, vigor e estágios fenológicos, sendo amplamente aplicado na predição de rendimento e na análise da variabilidade espacial da cultura (ANDRADE et al., 2020; SANTANA et al., 2024).

A interpretação do NDVI ao longo do ciclo da soja permite identificar padrões de crescimento e momentos críticos para a cultura, sendo especialmente útil em ambientes onde o regime hídrico é instável entre as safras. Como o crescimento e desenvolvimento da soja não é uniforme entre os anos, uma vez que é influenciado por fatores como disponibilidade hídrica, temperatura, radiação solar e, sobretudo, pelo grupo de maturação da cultivar.

Dessa forma, compreender a dinâmica do NDVI ao longo de diferentes safras e para distintos GMRs é essencial para interpretar corretamente os sinais espectrais da cultura e para ajustar estratégias de manejo específicas, ainda, compreender sua relação com o desempenho agrônômico em diferentes contextos edafoclimáticos.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento espectral da soja por meio de séries temporais de NDVI e sua relação com a produtividade, considerando diferentes classes de GMR ( $\leq 6$  e  $> 6$ ) ao longo das safras de 2020/21 a 2023/24, com foco em lavouras semeadas no mês de novembro no Rio Grande do Sul.

## **Material e métodos**

Este estudo utilizou dados agronômicos e espectrais provenientes de lavouras comerciais de soja conduzidas no Rio Grande do Sul e como característica o clima classificado como o tipo Cfa, pela classificação de Köppen (KUINCHTNER & BURIOL 2001), foram avaliadas áreas com data de semeadura no mês de novembro nas safras de 2020/21 a 2023/24. Para cada talhão monitorado, foram registrados a data de semeadura, a produtividade final ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e a série temporal do Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) (ROUSE et al., 1974) com o uso da plataforma AURAVANT®.

Os valores diários de NDVI foram organizados com base nos dias após a semeadura (DAS) até o final do ciclo. As unidades foram classificadas em duas categorias de GMR (Grupo de Maturidade Relativa): “Até 6” ( $\leq 6$ ) e “Acima de 6” ( $> 6$ ), de modo a avaliar o efeito do grupo de maturação sobre a evolução espectral e a produtividade nas diferentes safras. Com isso, foram obtidas as curvas médias de NDVI ao longo dos DAS, as quais foram realizadas no software R - Versão 4.4.1 (R CORE TEAM, 2023), sendo suavizadas por meio de modelos LOESS (locally estimated scatterplot smoothing).

## **Resultados e discussão**

Os dados de produtividade evidenciam padrões consistentes entre as classes de GMR ao longo das safras analisadas (2020/21 a 2023/24). De maneira geral, as cultivares com GMR até 6 apresentaram produtividade média superior em comparação às cultivares com GMR acima de 6, em três das quatro safras avaliadas.

Na safra 2020/21, considerada a mais produtiva do período, as cultivares de GMR até 6 atingiram média de  $4.254 \text{ kg ha}^{-1}$ , enquanto as de GMR acima de

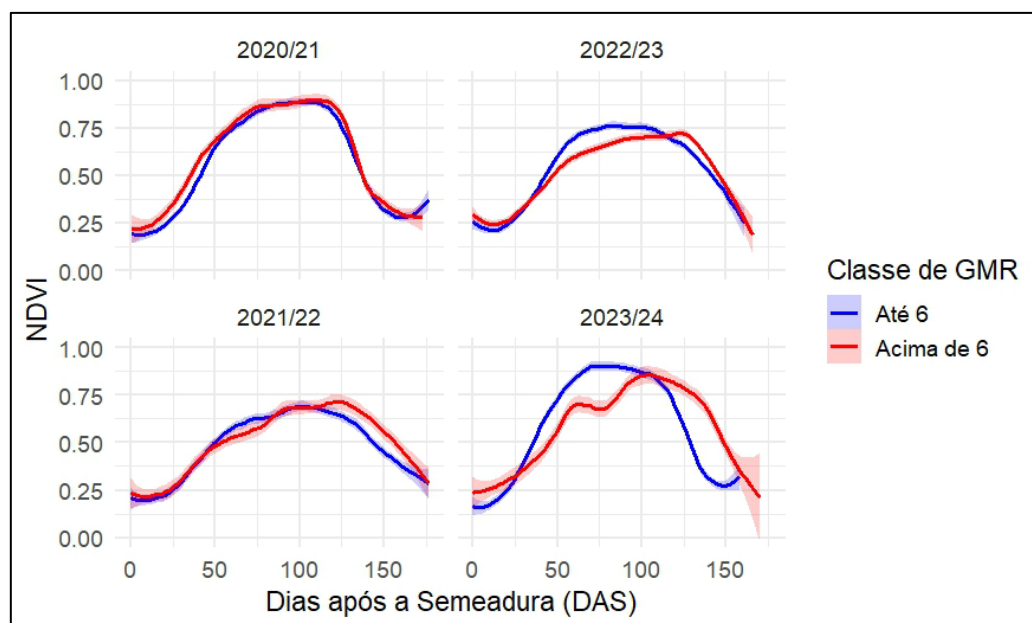
6 ficaram em 3.967 kg ha<sup>-1</sup>. Esse padrão se repetiu de forma marcante na safra 2023/24, na qual a produtividade média do grupo até 6 foi 4.131 kg ha<sup>-1</sup>, contra 3.083 kg ha<sup>-1</sup> no grupo acima de 6 (Tabela 1). Já nas safras de 2021/22 e 2022/23, as produtividades médias foram menores em ambos os grupos, o que possivelmente se deve a condições climáticas adversas durante o ciclo da cultura. Tais resultados refletem que independente do GMR a semeadura em novembro, quando ocorre condições meteorológicas adequadas, ambas podem expressar alto potencial produtivo, assim como destacado por Bernardo *et al.* (2024), os quais indicam que o potencial produtivo tem maior relação com a época de semeadura do que com o grupo de maturação.

**Tabela 1.** Produtividade da soja por Grupo de Maturidade Relativa (GMR) e safra no Rio Grande do Sul.

GMR	Safra	Prod. Média (kg ha <sup>-1</sup> )	Prod. Min. (kg ha <sup>-1</sup> )	Prod. Max. (kg ha <sup>-1</sup> )	Desvio Padrão	n
<b>Até 6</b>	2020/21	4.254	1.320	5.820	700	47
	2021/22	2.100	480	3.900	953	45
	2022/23	2.717	1.080	4.920	1.063	69
	2023/24	4.131	1.656	5.820	877	49
<b>Acima de 6</b>	2020/21	3.967	3.180	4.860	495	17
	2021/22	2.224	720	4.200	835	28
	2022/23	2.024	720	4.320	874	72
	2023/24	3.083	1.416	4.524	705	42

Prod: Produtividade; Min: Mínima; Max: Máxima; n: número de observações.

O comportamento espectral também demonstrou variabilidade interanual, sendo possível com as curvas médias de NDVI (Figura 1) ao longo dos dias após a semeadura (DAS) identificar padrões espectrais distintos entre as classes de Grupo de Maturidade Relativa (GMR) e entre as safras avaliadas. De maneira geral, as curvas apresentam o típico comportamento sigmoide da soja, com incremento gradual no período vegetativo (0–60 DAS), estabilização em patamar máximo entre 60 e 110 DAS (fase reprodutiva) e declínio na fase de senescência (>120 DAS), semelhante ao observado por Farias *et al.* (2023) e Santana *et al.* (2024).



**Figura 1.** Variação interanual das curvas de NDVI (Normalized da soja por grupo de maturação relativa (GMR) no Rio Grande do Sul.

A avaliação das curvas médias de NDVI ao longo das safras revela padrões distintos de desenvolvimento vegetativo entre os GMR. Na safra 2020/21, ambos os grupos apresentaram valores máximos de NDVI de 0,90 entre 70 e 120 dias após a semeadura (DAS), indicando condições climáticas favoráveis para o pleno desenvolvimento vegetativo das cultivares, independentemente do GMR. Essa similaridade de comportamento é compatível com os achados de Farias et al. (2023) e Oliveira et al. (2016), que ressaltaram a eficácia do NDVI como indicador da fenologia em ambientes com menor variabilidade climática.

Em contraste, nas safras 2021/22 e 2022/23, observa-se queda precoce nos valores de NDVI, sugerindo redução da área foliar ativa durante o enchimento de grãos, possivelmente associada a estresses ambientais, comuns no Rio Grande do Sul. Nestas safras, a produtividade média foi baixa para ambos os GMRs. Com isso, a utilização conjunta de informações de GMRs e dados espectrais sugerem um potencial de melhorar possíveis estimativas de produtividade de grãos, da mesma forma que sugerido por Ren et al. (2023).

A visualização conjunta das curvas NDVI, suavizadas por LOESS, reforça a robustez metodológica empregada e valida o uso do NDVI como ferramenta

para monitoramento do desempenho da soja (Andrade et al., 2022), devido a relação entre as curvas de NDVI e a produtividade de grãos da cultura. O padrão consistente de NDVI e produtividades mais elevadas nas cultivares de GMR até 6 ao longo dos ciclos agrícolas sustenta a recomendação de seu uso em semeaduras de novembro, especialmente em cenários com elevada variabilidade climática (Bernardo et al., 2024).

## Conclusões

1. A produtividade da soja é fortemente influenciada pelas condições meteorológicas da safra, independentemente do GMR, destacando a importância do monitoramento climático no planejamento agrícola.
2. As curvas de NDVI que indicaram maior vigor vegetativo apresentam também relação com maior produtividade de grãos.
3. A integração entre dados espectrais e a classificação por GMR permite a identificação de padrões consistentes de desenvolvimento e produtividade, contribuindo para estratégias de manejo mais precisas em cenários de alta variabilidade climática.

## Referências

- ANDRADE, T. G.; ANDRADE JUNIOR, A. S.; SOUZA, M. O.; LOPES, J. W. B.; VIEIRA, P. F. M. J. Estimativa da produtividade da soja por sensoriamento remoto na região sudoeste do Piauí. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 35, n. 1, p. 105–116, jan.–mar. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n111rc>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- BERNARDO, B.; CONCEIÇÃO, G. M.; MAMBRIM, R. B.; PRZYBITOWICZ, P. H. B.; UHDE, L. T.; MARTIN, T. N.; TEIXEIRA, C. A. M. B.; POSSANI, L. Épocas de semeadura e grupo de maturidade relativa em soja na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. **International Journal of Scientific Management and Tourism**, Curitiba, v. 10, n. 5, p. 01–19, 2024. DOI: 10.55905/ijsmtv10n5-033.
- FARIAS, G. D.; BREMM, C.; BREDEMEIER, C.; MENEZES, J. L.; ALVES, L. A.; TIECHER, T.; MARTINS, A. P.; FIORAVANÇO, G. P.; SILVA, G. P.; CARVALHO, P. C. F. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for soybean biomass and nutrient uptake estimation in response to production systems and fertilization strategies. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 6, 2023. DOI: 10.3389/fsufs.2022.959681.
- OLIVEIRA, T. C. de; FERREIRA, E.; DANTAS, A. A. A. Temporal variation of normalized difference vegetation index (NDVI) and calculation of the crop coefficient (Kc) from NDVI in areas cultivated with irrigated soybean. **Ciência Rural**, v.46, n.9, p.1683-1688, 2016. DOI: 10.1590/0103-8478cr20150318.

REN, P.; LI, H.; HAN, S.; CHEN, R.; YANG, G.; YANG, H.; FENG, H.; ZHAO, C. Estimation of soybean yield by combining maturity group information and unmanned aerial vehicle multi-sensor data using machine learning. **Remote Sensing**, v. 15, n. 17, p. 4286, 2023. DOI: 10.3390/rs15174286.

SANTANA, C. T. C. de; SANCHES, I. D. A.; CALDAS, M. M.; ADAMI, M. A method for estimating soybean sowing, beginning seed, and harvesting dates in Brazil using NDVI-MODIS data. **Remote Sensing**, v. 16, n. 14, p. 2520, 2024. DOI: 10.3390/rs16052520.

SILVA, C.; OLIVEIRA, Z. B. de; GOIS, H. de; MALFFINI, L. B.; SCARTAZZINI, D. C.; LEMOS, F. P.; STAUFFER, F. L.; MEDEIROS, L. C. F. Análise do desenvolvimento de diferentes cultivares de soja em função da época de semeadura no município de Cachoeira do Sul – RS. **Ciência e Natura**, v. 42, p. 47, fev. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460X40664>. Acesso em: 29 jun. 2025.

ZANON, A. J.; WINCK, J. E. M.; STRECK, N. A.; ROCHA, T. S. M.; CERA, J. C.; RICHTER, G. L.; LAGO, I.; SANTOS, P. M.; MACIEL, L. R.; GUEDES, J. V. C.; MARCHESAN, E. Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 4, p. 400–411, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.0043>. Acesso em: 29 jun. 2025.

## **Aplicações de *Trichoderma asperelloides* na produção de soja: uma visão baseada em dados bibliométricos**

Maria Lucia Carpes Berro<sup>(1\*)</sup>, Rosana Taschetto Vey<sup>(2)</sup>, Thomas Newton Martin<sup>(3)</sup>  
Sara Jordana Zanatta<sup>(1)</sup> e Edgar Salis Brasil Neto<sup>(4)</sup>

(1) Estudante de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Camobi, RS. (2) Eng<sup>a</sup>. Agr<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> em Agronomia, Santa Maria, RS. (3) Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>, Universidade Federal de Santa Maria, RS. (4) Estudante de doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, campus Camobi, RS. (\*) marialuciacb15@gmail.com

**Resumo** – Este estudo realizou uma análise bibliométrica sobre o uso de *Trichoderma asperelloides* na agricultura, com ênfase na cultura da soja. A pesquisa, realizada na base Lens.org, identificou 38 publicações até abril de 2025, das quais 18 apresentavam aplicações agrícolas diretas, como controle biológico, promoção de crescimento vegetal e resistência a estresses abióticos. O primeiro artigo data de 2008, com aumento nas publicações a partir de 2018 e pico em 2022. O Brasil lidera em número de estudos, seguido por Índia e China. As instituições com maior produção são a Universidade Estadual de Londrina, Universidade Federal de Viçosa e o Indian Agricultural Research Institute. Os dados indicam o crescente interesse na utilização de *T. asperelloides* como bioinsumo sustentável, embora ainda sejam necessários mais estudos para definir formulações, doses ideais e eficácia em diferentes condições ambientais.

**Termos para indexação:** *Glycine max*, *Trichoderma spp.*, promoção de crescimento.

## **Applications of *Trichoderma asperelloides* in Soybean Production: A Bibliometric Perspective**

**Abstract** – This study presents a bibliometric analysis of the use of *Trichoderma asperelloides* in agriculture, with a focus on soybean cultivation. The search, conducted using the Lens.org database, identified 38 publications up to April 2025, of which 18 had direct agricultural applications such as biological control, plant growth promotion, and resistance to abiotic stress. The first study was published in 2008, with a noticeable increase in publications from 2018 onward and a peak in 2022. Brazil leads scientific output, followed by India and China. The most productive institutions include the State University of Londrina, the Federal University of Viçosa, and the Indian Agricultural Research Institute. The findings reveal growing interest in the use of *T. asperelloides* as a sustainable bioinput. However, further research is needed to improve formulations, determine optimal doses, and assess effectiveness under various environmental conditions.

**Index terms:** *Glycine max*, *Trichoderma spp.*, growth promotion.



## Introdução

A crescente demanda por alimentos e os desafios da agricultura moderna, como degradação do solo e mudanças climáticas, têm impulsionado a busca por métodos sustentáveis de produção, especialmente na cultura da soja. Nesse contexto, os bioinsumos, como os fungos do gênero *Trichoderma*, surgem como alternativas promissoras, destacando-se tanto no controle de fitopatógenos quanto na promoção do crescimento vegetal.

A eficácia desses produtos depende da qualidade microbiológica, sendo essencial garantir viabilidade, concentração adequada e ausência de contaminação. Entre as 250 espécies de *Trichoderma* catalogadas, *T. asperelloides* tem ganhado destaque. No Brasil, há 114 produtos registrados com *Trichoderma*, sendo a maioria fungicidas microbiológicos. Embora seu uso principal seja no controle de doenças, também contribui para a nutrição das plantas e a melhoria do solo, especialmente em áreas com baixa fertilidade. Apesar dos avanços, ainda há poucos estudos sobre o uso de *T. asperelloides* na soja. Tendo em vista os benefícios da aplicação do *T. asperelloides*, ainda há a necessidade de mais estudos relacionados a sua aplicação na soja. Assim, este trabalho teve como objetivo realizar uma análise bibliométrica da aplicação desse fungo na cultura da soja, com o intuito de se obter informações que auxiliem a identificar lacunas e fornecer subsídios para futuras recomendações técnicas.

## Material e métodos

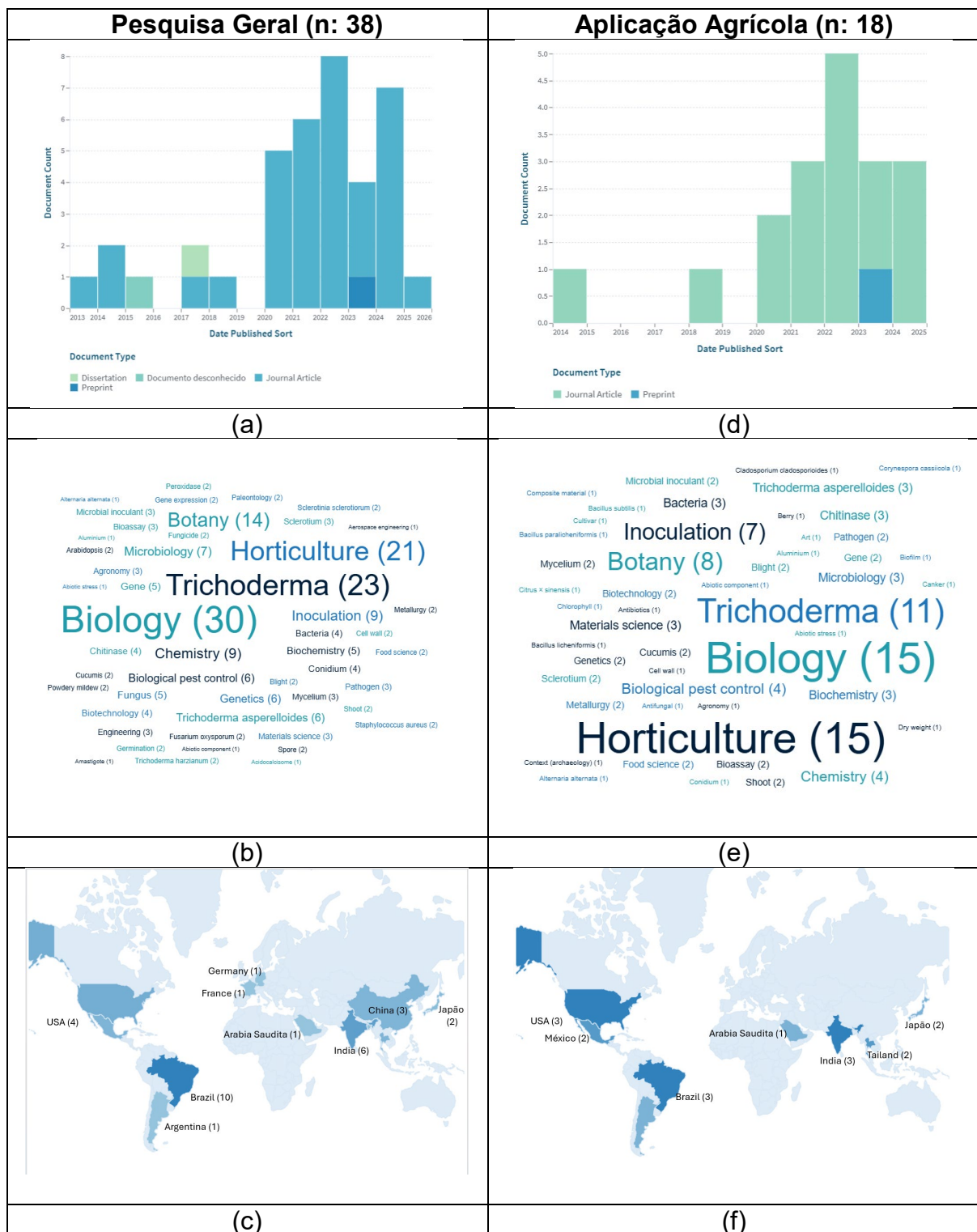
Foi realizada uma pesquisa estruturada (28/04/2025) utilizando-se a plataforma lens.org (<https://www.lens.org/>) em que se buscou inicialmente o termo “*Trichoderma asperelloides*” no título e no abstract de artigos científicos. Considerou-se todo o período constante na base de dados. Foram identificados 286.216.314 registros na base de dados, dos quais apenas 38 artigos atenderam aos critérios de seleção. Desses, 18 apresentavam aplicação direta de *Trichoderma asperelloides* em contextos agrônômicos, envolvendo temas como fungicidas, tolerância à seca, controle de doenças, culturas agrícolas (soja, alface, milho, tomate, morango, entre outras), promoção de crescimento e

estresse abiótico. Utilizou-se o software VOSviewer (v.1.6.20, Leiden University) para gerar um mapa de co-ocorrência de palavras-chave. O tamanho dos círculos reflete a frequência de uso dos termos, bem como a intensidade de sua associação com outras palavras-chave.

## Resultados e discussão

A pesquisa bibliométrica na plataforma Lens.org, com o termo "*Trichoderma asperelloides*", identificou 38 artigos publicados até abril de 2025, dos quais 18 abordam aplicações agrícolas. O primeiro estudo data de 2008, com crescimento significativo a partir de 2018 e pico em 2022 (9 publicações), refletindo o crescente interesse em soluções biológicas sustentáveis.

As publicações concentram-se em periódicos de microbiologia aplicada e fitopatologia, como *Biological Control*, *Frontiers in Microbiology* e *Journal of Applied Microbiology*, acumulando mais de 520 citações e índice H de 11. O Brasil lidera a produção científica (62% dos artigos), seguido por Índia e China (cerca de 10% cada), com destaque para a Universidade Estadual de Londrina, Universidade Federal de Viçosa e o Indian Agricultural Research Institute. Os principais temas abordados incluem controle biológico, promoção do crescimento vegetal, produção de enzimas, indução de resistência sistêmica e *Sclerotinia sclerotiorum*. Os resultados indicam o potencial multifuncional de *T. asperelloides* na agricultura sustentável. No entanto, ainda são necessários estudos em diferentes condições ambientais, avanços na formulação de produtos estáveis e definição de doses ideais para maximizar o desempenho agrônomo e garantir segurança no uso em larga escala.



**Figura 1.** Evolução do número de publicações anuais (“a” e “d”), frequência das áreas do conhecimento (“b” e “e”) e número de publicações em cada um dos países (“c” e “f”), em todas as publicações que utilizam *Trichoderma asperelloides* (38 artigos) e com aplicação agrícola (18 artigos).

## Conclusões

A análise bibliométrica revelou o aumento das publicações sobre *Trichoderma asperelloides*, com foco em seu uso agrícola no controle de fitopatógenos, promoção do crescimento vegetal e resistência a estresses abióticos, especialmente em culturas economicamente relevantes.

## Referências

LENS. **The Lens**: Open Knowledge Platform. Disponível em: <https://www.lens.org/>. Acesso em: 30 jun. 2025.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. **VOSviewer – Visualizing scientific landscapes**. Leiden: Centre for Science and Technology Studies, Leiden University, 2024. Disponível em: <https://www.vosviewer.com/>. Acesso em: 30 jun. 2025.

### ***Trichoderma asperelloides* na produção de soja**

Maria Lucia Carpes Berro<sup>(1\*)</sup>, Rosana Taschetto Vey<sup>(2)</sup>, Thomas Newton Martin<sup>(3)</sup>, Sara Jordana Zanatta<sup>(1)</sup> e Edgar Salis Brasil Neto<sup>(4)</sup>

(1) Estudante de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Camobi, RS. (2) Eng<sup>a</sup>. Agr<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> em Agronomia, Santa Maria, RS. (3) Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>, Universidade Federal de Santa Maria, RS. (4) Estudante de doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, campus Camobi, RS. (\*) marialuciacb15@gmail.com

**Resumo** – A busca por alternativas sustentáveis à produção agrícola convencional tem levado à valorização dos bioinsumos, especialmente fungos do gênero *Trichoderma*. Este estudo avaliou o potencial do *Trichoderma asperelloides* como promotor de crescimento na cultura da soja, por meio de diferentes doses e formas de aplicação. O experimento foi conduzido na safra 2020/21, em delineamento em blocos ao acaso com nove tratamentos e quatro repetições. Os resultados demonstraram efeitos significativos sobre variáveis agrônomicas como nodulação, massa radicular e produtividade. A aplicação do fungo na semente, na dose de 5 g por 60 kg de sementes, apresentou os melhores resultados, com produtividade de 4.486,2 kg ha<sup>-1</sup>. Conclui-se que o uso de *T. asperelloides* é eficaz no estímulo ao crescimento e rendimento da soja, sendo uma alternativa viável para reduzir o uso de insumos químicos.

**Termos para indexação:** *Trichoderma asperelloides*, coinoculação, bioinsumos agrícolas.

### ***Trichoderma asperelloides* in soybean production**

**Abstract** – The search for sustainable alternatives to conventional agricultural production has led to an increased interest in bioinputs, especially fungi from the *Trichoderma* genus. This study evaluated the potential of *Trichoderma asperelloides* as a growth promoter in soybean cultivation, using different doses and application methods. The experiment was conducted during the 2020/21 season, in a randomized block design with nine treatments and four replications. The results showed significant effects on agronomic variables such as nodulation, root biomass, and yield. Seed treatment with 5 g of the fungus per 60 kg of seeds showed the best results, achieving a grain yield of 4,486.2 kg ha<sup>-1</sup>. It is concluded that the use of *T. asperelloides* effectively promotes soybean growth and productivity, representing a viable alternative to reduce chemical input usage.

**Index terms:** *Trichoderma asperelloides*, co-inoculation, agricultural bioinputs.

## Introdução

Frente à crescente pressão por sustentabilidade no setor agropecuário, a adoção de práticas que conciliam produtividade e preservação ambiental tornou-se um dos maiores desafios da agricultura moderna. Nesse contexto, a soja (*Glycine max* (L.) Merr.), cultura de expressiva relevância econômica e nutricional, destaca-se por sua importância estratégica, mas também por sua vulnerabilidade a fatores como degradação do solo, variabilidade climática e alta dependência de insumos químicos (CONAB, 2024; Nagel et al., 2024). Essas dificuldades tornam indispensáveis a implementação de métodos agrícolas sustentáveis, como a utilização de bioinsumos, que buscam aumentar a eficiência produtiva e minimizar os impactos ambientais (Araújo et al., 2021). A eficácia desses insumos biológicos é essencial e depende de fatores como a viabilidade dos microrganismos, a estabilidade do produto e a eficiência agrônômica (Harzevili et al., 2015).

A utilização de microrganismos benéficos, como os pertencentes ao gênero *Trichoderma*, está se tornando uma opção promissora para o manejo sustentável de culturas, incluindo a soja, particularmente em solos de baixa fertilidade (Fiorentino et al., 2018). Esses fungos ajudam a aprimorar as características químicas e biológicas do solo, além de possuírem uma ação antagônica contra vários fitopatógenos através da geração de enzimas e compostos voláteis (Assigbetsé et al., 2012). Eles também têm a capacidade de solubilizar fosfatos e facilitar a absorção de micronutrientes pelas plantas (Pani et al., 2021). Apesar da ampla aplicação de espécies, como *Trichoderma harzianum*, no controle de doenças, as pesquisas sobre *T. asperelloides* na cultura da soja são ainda limitadas, existindo apenas um estudo que reporta efeitos positivos no crescimento das plantas (Senger et al., 2022).

Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo avaliar seu potencial como promotor de crescimento da soja, com a finalidade de determinar a dosagem mais adequada.

## Material e métodos

O estudo foi conduzido na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), durante a safra 2020/21, em Argissolo vermelho distrófico arênico, sob clima subtropical úmido. O experimento seguiu o delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições, utilizando a cultivar de soja NS5959 IPRO. Nove tratamentos foram avaliados, envolvendo diferentes formas de co-inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum brasilense* e *Trichoderma asperelloides* em diferentes doses e formas de aplicação, sendo eles: (i) sem inoculação; (ii) co-inoculação na semente; (iii) co-inoculação no sulco de semeadura; (iv) co-inoculação no sulco de semeadura + *Trichoderma asperelloides* (2g); (v) co-inoculação no sulco de semeadura + *Trichoderma asperelloides* (5g); (vi) co-inoculação no sulco de semeadura + *Trichoderma asperelloides* (10g); (vii) TS *Trichoderma asperelloides* (2g); (viii) TS *Trichoderma asperelloides* (5g); (ix) *Trichoderma asperelloides* (10g).

As parcelas possuíam 17,44 m<sup>2</sup> de área total, a adubação foi baseada em análise química do solo. O manejo fitossanitário e de plantas daninhas foi rigoroso, com uso de herbicidas, inseticidas e fungicidas em diferentes estágios. As variáveis avaliadas incluíram número e massa seca de nódulos, massa seca de raízes, número de plantas, produtividade de grãos e massa de mil grãos. Os dados foram analisados por ANOVA e teste de Skott-Knott a 5% de significância, utilizando o programa SASM-Agri<sup>®</sup>.

## Resultados e discussão

Verificou-se pela análise de variância (Tabela 1), que houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) dos tratamentos sobre todas as variáveis agronômicas avaliadas, com destaque para o impacto do uso combinado de microrganismos promotores de crescimento e *Trichoderma asperelloides* sobre o desempenho da cultura.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância, representado pelos quadrados médios das variáveis número de nódulos por planta (NNP), massa seca de nódulos por planta (MSN, g), massa seca de raiz (MSR, g), número de plantas por metro linear (NP), massa de mil grãos (MMG, g) e produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>).

FV	GL	NNP	MSN (g)	MSR (g)	NP (m/linear)	MMG (g)	PG (kg ha <sup>-1</sup> )
Tratamento (T)	8	2560,39*	0,0131*	3,8498*	6,9028*	89,1803*	584431*
Bloco (B)	3	416,62*	0,0032*	1,0492*	0,6667*	54,4944*	40828*
CV (%)		19,31	22,21	12,96	17,94	3,17	5,13
Média		117,69	0,37	4,56	13,22	168,57	3839,53

\*Significativo pelo teste F á 1% de probabilidade de erro; fonte de variação (FV); grau de liberdade (GL); coeficiente de variação (CV).

A separação de médias realizada pelo teste de Scott-Knott (Tabela 2), ( $p < 0,05$ ) mostrou que a co-inoculação na semente resultou no maior número de nódulos por planta, com média de 155, sendo estatisticamente superior aos demais tratamentos. Logo atrás, veio a aplicação de *T. asperelloides* na semente na dose de 5 g, com 150 nódulos e em terceiro lugar, co-inoculação no sulco com 10 g de *Trichoderma* que proporcionou 134 nódulos. Quanto à massa seca de nódulos (MSN), o maior valor foi registrado com a co-inoculação no sulco usando 10 g de *Trichoderma*, atingindo 0,46 g. Já a maior massa seca de raiz (MSR) também foi observada nesse mesmo tratamento, chegando a 5,67 g, o que indica um maior desenvolvimento radicular. O número de plantas por metro linear (NP) foi mais elevado na co-inoculação no sulco sem *Trichoderma* (15,5), seguido do tratamento com 10 g de *Trichoderma* (15,0), sugerindo influência positiva desses tratamentos sobre o estande final de plantas. Por fim, a massa de mil grãos (MMG), a maior média foi obtida com a co-inoculação no sulco com 5 g de *Trichoderma* (175,34 g), embora o melhor desempenho produtivo (PG) tenha sido alcançado com o tratamento contendo *T. asperelloides* na semente na dose de 5 g, que proporcionou produtividade de 4486,2 kg ha<sup>-1</sup>, significativamente superior aos demais. Esses resultados evidenciam que a combinação de microrganismos promotores de crescimento com *Trichoderma*, em especial quando aplicado via tratamento de sementes na dose de 5 g, tem potencial para melhorar a nodulação, o crescimento radicular e principalmente, o rendimento da soja em condições de campo.



**Tabela 2.** Número de nódulos por planta (NNP), massa seca de nódulos por planta (MSN, g), massa seca de raiz (MSR, g), número de plantas por metro linear (NP), massa de mil grãos (MMG, g) e produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>).

	NNP	MSN	MSR	NP	MMG	PG
Sem inoculação	77 i	0,26 i	2,95 i	12,75 e	159,71 i	3245,4 i
Co-inoculação na semente	155 a	0,42 b	5,59 b	12,00 f	178,90 e	3454,8 h
Co-inoculação no sulco	121 d	0,41 c	3,74 g	15,50 a	167,41 f	4065,6 d
Co-inoc.sulco+Trichod.(2g)	103 g	0,38 d	5,17 c	13,50 c	168,96 d	3617,4 g
Co-inoc.sulco+Trichod.(5g)	104 f	0,37 e	4,16 d	13,25 d	175,34 a	3822,6 e
Co-inoc.sulco+Trichod.(10g)	134 c	0,46 a	5,67 a	15,00 b	172,53 c	4101,0 b
TS Trichoderma (2g)	100 h	0,34 g	3,29 h	13,25 d	172,98 b	3685,8 f
TS Trichoderma (5g)	150 b	0,35 f	4,13 e	11,75 g	166,03 g	4486,2 a
TS Trichoderma (10g)	116 e	0,34 h	3,85 f	12,00 f	165,28 h	4077,0 c

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. CV (coeficiente de variação); TS (tratamento na semente); Doses de *Trichoderma asperelloides*: gramas para cada 60 kg de sementes.

Na cultura da soja, é imprescindível a inoculação com o microrganismo *Bradyrhizobium* para que ocorra uma melhor fixação biológica de nitrogênio (FBN), o que substitui os fertilizantes nitrogenados (N) e reduz os custos de produção (Mendes et al., 2015). Apesar de ser notável o sucesso desse microrganismo em relação a cultura em questão, estudos estão sendo desenvolvidos em relação a coinoculação, envolvendo a adição de mais um microrganismo benéfico (Leite et al., 2023). Estudos feitos inoculando *Trichoderma asperellum* e *Bradyrhizobium* na planta de soja, mostraram aumentos na biomassa, altura e eficiência de absorção de fósforo, no experimento feito em casa de vegetação (Bononi et al., 2020). Esses resultados demonstram que há possibilidade de utilização de diferentes microrganismos na co-inoculação de soja, buscando maior produtividade e baixo custo de produção (Leite et al., 2023).

## Conclusões

Os resultados demonstraram que *T. asperelloides* atua como promotor de crescimento na soja, favorecendo o desenvolvimento das plantas e o aumento da produtividade, confirmando sua viabilidade como bioinsumo em sistemas agrícolas.

## Referências

ARAÚJO, J. L.; SILVA, T. I. S.; MOURA, L. M. Sustentabilidade e bioinsumos: alternativas para a agricultura moderna. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 44, n. 3, p. 435-442, 2021.

- ASSIGBETSE, K. B. et al. Trichoderma-strain-specific modulation of the rhizosphere microbial community and of plant root architecture. **Microbial Ecology**, v. 64, n. 1, p. 434–447, 2012.
- BONONI, L.; CHIARAMONTE, J. B.; PANSA, C. C.; MOITINHO, M. A.; MELO, I. S. Phosphorus-solubilizing *Trichoderma* spp. from Amazon soils improve soybean plant growth. **Scientific Reports**, 10, 2020.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos – Safra 2023/2024**. Brasília, DF: CONAB, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 24 jun. 2025.
- FIORENTINO, N. et al. Trichoderma-based biostimulants modulate rhizosphere microbial populations and improve N uptake efficiency, yield, and nutritional quality of leafy vegetables. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, 2018.
- HARZEVILI, F. D.; ROOS, J. V. C.; WILLEMS, K. A. Quality control and formulation of microbial inoculants used in sustainable agriculture. In: ARORA, N. K. (ed.). **Plant Microbe Symbiosis: Fundamentals and Advances**. Springer, 2015. p. 307–320.
- HUNGRIA, M.; MENDES, I.C. (2015). **Nitrogen Fixation with Soybean: The Perfect Symbiosis?** In Biological Nitrogen Fixation (pp. 1009-1024). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119053095.ch99>
- LEITE, R. da C.; HUNGRIA, M.; LEITE, R. da C.; SOUZA de ÁVILA, W.; da Silva, G. B. Co-inoculation of soybean with *Bradyrhizobium* spp. and Amazonian strains of *Trichoderma asperellum* and *Bacillus amyloliquefaciens* increases the productivity and profitability of the crop. **Crop Science**, 64(1), 422-411, 2024. <https://doi.org/10.1002/csc2.21091>
- LÓPEZ, D. et al. The *Trichoderma harzianum* Epl-1 protein is involved in the regulation of hydrolase genes and in the mycoparasitism against *Rhizoctonia solani*. **Microbiology**, v. 161, n. 1, p. 60–71, 2015.
- MALUSÀ, E.; PINZARI, F.; CANIARELLI, A. Efficacy and safety of biofertilizers: challenges and opportunities. **Trends in Microbiology**, v. 22, n. 2, p. 90–98, 2014.
- NAGEL, C. A. et al. Challenges and perspectives of soybean production under climate change scenarios. **Agricultural Systems**, v. 227, 2024.
- PANI, G. et al. Phosphate-solubilizing fungi: role in sustainable agriculture. **Journal of Fungi**, v. 7, n. 5, p. 374–390, 2021.
- SENGER, R. L. et al. *Trichoderma asperelloides* as a growth promoter of soybean (*Glycine max*) under greenhouse conditions. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 53, p. 1333–1343, 2022.
- ZIN, N. A.; BADRUL, A. B. Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 65, n. 2, p. 168–178, 2020.

## Uso de reguladores vegetais em componentes de produtividade e germinação da soja

Weliton de Almeida Lansana <sup>(1)(\*)</sup>, Samuel Mendonça Fabrim <sup>(2)</sup>, Iago Felipe Bastos <sup>(2)</sup>, Talis Bauman <sup>(2)</sup>, Anderson César Ramos Marques <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Estudante de mestrado do programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, RS.

<sup>(2)</sup> Estudante do curso Bacharel em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, RS.

<sup>(3)</sup> Doutor em agronomia, professor da Universidade Federal de Santa Maria – RS.

(\*) welitonlansana96@gmail.com

**Resumo:** A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das principais culturas agrícolas do mundo, com crescente interesse na adoção de tecnologias como reguladores vegetais. O presente trabalho objetivou avaliar os efeitos da aplicação isolada de ácido Indolbutírico, cinetina e ácido giberélico, comparando-os a um produto comercial com os mesmos compostos combinados, aplicados via foliar e em sementes. O experimento foi conduzido em campo durante a safra 2023/24 na UFSM, em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram analisadas variáveis agrônômicas como altura de plantas, número de nós produtivos, legumes, grãos, peso de mil sementes e produtividade. Os tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre si ( $p < 0,05$ ) nas características avaliadas. No entanto, na análise de germinação, observou-se diferença significativa entre os tratamentos, com destaque negativo para ácido Indolbutírico + água e positivo para ácido giberélico + água. Conclui-se que a aplicação foliar dos fitormônios isolados ou combinados não influenciou os componentes de rendimento da soja, embora efeitos significativos tenham sido observados na germinação.

**Termos para indexação:** fitormônios, bioestimulantes, fisiologia vegetal.

**Abstract:** Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) stands out as one of the world's most important agricultural crops, with growing interest in the use of technologies such as plant growth regulators. This study aimed to assess the effects of foliar and seed-applied indole-3-butyric acid, kinetin, and gibberellic acid applied individually, as well as in a commercial formulation combining these three compounds. The field experiment was carried out during the 2023/24 growing season at UFSM, using a randomized block design with four replicates. Agronomic traits evaluated included plant height, number of productive nodes, pods per plant, grains per plant, thousand-seed weight, and overall yield. No statistically significant differences ( $p < 0.05$ ) were found among treatments for these traits. However, seed germination analysis revealed significant differences, with indole-3-butyric acid + water showing a negative effect, while gibberellic acid + water produced a positive response. These results suggest that foliar application of isolated or combined phytohormones does not influence yield

components in soybean, although notable effects can be observed at the germination stage.

**Index terms:** phytohormones, biostimulants, plant physiology.

## **Introdução**

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas oleaginosas de maior importância do mundo, por ser fonte proteica e de matéria prima para diversos produtos. Na agricultura moderna e altamente tecnicizada ocorrem buscas incessantes pelos mais elevados níveis de produtividade, visando assim, aumentar a rentabilidade (SILVA, 2020). Atualmente, a produção de soja dispõe de diversas cultivares, técnicas de manejo de solo amplamente difundidas, adequados níveis de adubação e sistemas de controle fitossanitários robustos. Algumas práticas vêm sendo adotadas nos últimos anos, as quais tem demonstrado resultados promissores no aumento da produtividade, como no caso do uso de reguladores vegetais.

Segundo Taiz et al. (2017), os hormônios vegetais são produzidos em resposta a uma interação fisiológica e ambiental, servindo como sinalizadores nas plantas. Os mesmos autores, relatam que existem cerca de nove fitormônios que influenciam no desenvolvimento vegetal, sendo os mais estudados pelas suas aplicações em culturas de grãos as auxinas, citocininas e giberelinas. Estes fitormônios sintéticos quando aplicados na cultura podem desencadear processos como germinação, enraizamento, floração, frutificação e senescência. Diversos trabalhos apresentam os hormônios vegetais como atuantes de forma isolada, entretanto existem dados que mostram inter-relação entre eles. Onde eles podem apresentar efeitos de sinergismo, antagonismo e adição entre dois ou mais hormônios.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação isolada de ácido Indolbutírico (auxina), cinetina (cinetinina) e ácido giberélico (giberelina), quando comparados aos resultados de produto comercial contendo os mesmos ingredientes combinados, sendo todos aplicados via foliar sobre a soja. Além de suas influências na germinação quando aplicados em sementes da cultura.

## Material e métodos

O trabalho foi realizado na safra de 2023/24, sendo o experimento a campo, desenvolvido na área experimental do departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM Campus Sede), sob as coordenadas 29°43'27"S 53°43'40"W, com 118 metros de altitude. O clima é classificado por Köppen como Cfa, subtropical úmido, com verões quente e sem estação seca definida, com precipitação anual com média de 2.100mm (ALVARES et al., 2013).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com 4 repetições. As unidades experimentais (parcelas) foram compostas por 5 linhas com espaçamento de 0,45 metros e com 4 metros de comprimento. A cultivar de soja utilizada foi a BMX FIBRA (64I61RSF) IPRO, com densidade de 14 plantas por metro linear, semeado no dia 05/12/2023. Em sistema de plantio direto, sendo utilizado na adubação de base NPK (05-20-20), na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup>.

Os fitormônios utilizados foram escolhidos com base na formulação de produto comercial em crescente uso por produtores, e aplicados conforme as recomendações, nas dosagens definidas pela bula, com aplicação via foliar no estágio V5, sendo este, definido por Albrecht et al. (2011) como o único momento de aplicação capaz de promover incremento produtivo. Os tratamentos como descritos na Tabela 1, consistiram no uso do produto comercial e, separadamente de cada um dos seus ingredientes ativos: cinetina, ácido giberélico e ácido 4-indol-3-ilbutírico, além da testemunha, que não recebeu nenhuma aplicação.

**Tabela 1.** Tratamentos, doses e concentrações dos fitormônios adotados.

Tratamentos	Concentrações
Testemunha	0
Produto comercial	0,5 L ha <sup>-1</sup> (0,045 g L <sup>-1</sup> + 0,025 g L <sup>-1</sup> + 0,025 g L <sup>-1</sup> )
Ácido giberélico	0,025 g L <sup>-1</sup>
Cinetina	0,045 g L <sup>-1</sup>
Ácido 4-indol-3-ilbutírico	0,025 g L <sup>-1</sup>

No estágio R8 (maturação), foram retiradas 3 plantas aleatórias por repetição. A partir dessas plantas foram realizadas avaliações com a finalidade de identificar características como altura de planta (AP), número de nós

produtivos (NNP), número de legumes por planta (NLP), número de grãos por planta (NGP). A altura de planta foi avaliada medindo-se da base da planta até o topo da haste principal. A determinação do número de nós produtivos foi realizada a partir da contagem manual de todos os nós produtivos. Para definir o número total de legumes por planta, foi realizado uma contagem manual. O número de grãos por plantas foi realizado por meio da abertura manual das vagens, e utilizado um contador de grãos eletrônico. O peso de mil grãos foi realizado através da pesagem de 500 sementes com o auxílio de um contador eletrônico e de uma balança de precisão, e multiplicando essa massa definida por dois, obtendo assim a massa de mil grãos.

As demais plantas das parcelas foram colhidas e trilhadas com o auxílio de uma trilhadora, e foram utilizadas para a definição do peso de mil grãos e na produtividade de grãos foram somados junto com os resultados das 3 plantas de cada parcela que foram utilizadas nas avaliações. Para a realização da massa de grãos e o cálculo da produtividade, foi necessário deixar os grãos em um ambiente igualitário quanto à umidade relativa, com a finalidade de equalizar a umidade dos grãos, deixando com a umidade padrão de 13%. Os dados obtidos das variáveis: altura de plantas, número de nós produtivos, número de legumes, número de grãos, número de grãos por legume, peso de mil sementes e produtividade foram submetidas à análise de variância e o teste F a 5% de significância e posterior comparação de médias pelo teste de Duncan.

Para o experimento de influência dos fitormônios na germinação da soja, foram empregados os tratamentos descritos na Tabela 2, e suas respectivas composições na Tabela 3. Foram executados com montagem feita em papel Germitest com 4 repetições para cada tratamento e com contagens realizadas aos 5 e 7 dias após instalação conforme metodologia descrita Manual de Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009). Avaliou-se a germinação das sementes dispostas a estes tratamentos, e os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e posterior comparação de médias por Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

**Tabela 2.** Tratamentos de experimento de germinação e suas composições.

Tratamentos	Composição (Soluções de uso)
Água	10ml (10ml água)
Cinetina + Água	10ml (5ml Solução 1 + 5ml água)
Ác. Giberélico + Água	10ml (5ml Solução 2 + 5ml água)
Ác. Indolbutírico + Água	10ml (5ml Solução 3 + 5ml água)
Cinetina	10ml (10 ml Solução 1)
Ác. Giberélico	10ml (10 ml Solução 2)
Ác. Indolbutírico	10ml (10 ml Solução 3)

**Tabela 3.** Composição e concentração das soluções de uso para dosagem.

Soluções de uso	I.A.	[ ] (g.L-1)	Peso reagentes (/kg sem.)
Solução 1	Cinetin	0,2	0,003
Solução 2	Ác. Giberélico	0,2	0,003
Solução 3	Ác. Indolbutírico	0,2	0,003

## Resultados e discussão

Não houve diferença significativa pelo teste de F ( $p < 0,05$ ) para nenhuma das variáveis avaliadas (Tabela 4).

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância para os componentes de rendimentos

FV	GL	AP	NNP	NL	NG	NGL	PMS	PROD
Tratamentos	4,00	46,60	8,83	231,17	529,40	0,02	37,27	295876,00
Resíduo	15,00	50,19	4,70	1819,87	8273,10	0,03	55,93	236897,00
Total	19,00	-	-	-	-	-	-	-
Média	-	113,48	18,66	130,83	236,78	1,81	116,24	2975,17
CV (%)	-	6,24	11,62	32,61	38,41	9,15	6,43	16,36

\*Significativo pelo teste F a 5%. FV: fator de variação; GL: graus de liberdade; AP: altura de plantas; NNP: número de nós produtivos; NL: número de legumes; NG: número de grãos; NGL: número de grãos por legume; PMS: peso de mil sementes e PROD: produtividade.

Os resultados da análise de variância demonstram não haver nenhuma diferença significativa (a 5%) quando aplicado fitormônios. Resultado que corrobora com outros dados presentes na literatura para estes fitormônios e sua influência na produtividade da soja. O uso do bioestimulantes também não apresentou alterações nos componentes de rendimento da cultura da soja em experimento de Bulla et al. (2022), tanto aplicado via tratamento de sementes ou via foliar nos estádios de V3-V4 e R1. Não há diferença significativa entre os tratamentos para os componentes de rendimento avaliados (Tabela 5),

entretanto, conclusões de Bertolin et al. (2010), indicam que o uso de fitormônios, seja por tratamento de sementes ou por aplicação aérea, resulta em um aumento significativo no número de grãos e no número de vagens por planta.

**Tabela 5.** Efeito do uso de bioestimulantes nos parâmetros produtivos.

Tratamentos	AP (cm)	NNP	NL	NG	NGL	PMS(g)	PROD (kg ha <sup>-1</sup> )
Testemunha	115,75 a	18,25 a	117,83 a	219,83 a	1,89 a	119,08 a	2710,42 a
Stimulate	115,25 a	20 a	131,67 a	234,33 a	1,78 a	111,96 a	3167,81 a
GA3	116,67 a	20,12 a	133,62 a	251,83 a	1,87 a	114,38 a	2646,49 a
Cinetina	108,83 a	16,5 a	133,25 a	238,67 a	1,79 a	116,92 a	3188,42 a
Ac. Indolbutírico	110,92 a	18,42 a	137,75 a	239,25 a	1,72 a	118,88 a	3162,7 a
Média Geral	113,48	18,66	130,83	236,78	1,81	116,24	2975,17

Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Duncan. AP: altura de plantas; NNP: número de nós produtivos; NL: número de legumes; NG: número de grãos; NGL: número de grãos por legume; PMS: peso de mil sementes e PROD: produtividade.

Quando aplicado os tratamentos com fitormônios nas sementes de soja, observa-se que passou a ter diferença entre eles (Tabela 6), destacando-se o tratamento com Ácido Indolbutírico + Água, que apresentou a pior germinação, e o tratamento de Ácido Giberélico + Água que apresentou a melhor germinação.

**Tabela 6.** Avaliação de germinação entre os tratamentos em estudo.

Tratamento	Germinação
Água	94,00 ab
Cinetina + Água	90,63 bc
Ác. Giberélico + Água	94,38 a
Ác. Indolbutírico + Água	90,38 c
Cinetina	91,75 abc
Ác. Giberélico	92,13 abc
Ác. Indolbutírico	91,63 abc
CV (%)	2,37

Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

Bertolin (2010), concluiu que a aplicação de 0,009% de cinetina, 0,005% de ácido giberélico e 0,005% de ácido Indolbutírico, semelhante ao produto comercial empregado neste estudo, proporcionou incremento no número de vagens por planta e produtividade de grãos tanto em aplicação via semente e via foliar. Tal resultado não se assemelha aos encontrados neste estudo, onde evidenciou-se apenas incrementos significativos em teores de germinação quando usado diferentes concentrações de ingredientes isolados do produto.



## Conclusões

1. A aplicação isolada de ácido Indolbutírico (auxina), cinetina (cinetinina) e ácido giberélico (giberelina) e de produto comercial contendo os mesmos ingredientes combinados, via foliar ou nas sementes, não influenciou o desempenho produtivo da soja e a germinação.
2. Faz-se necessário mais estudos para que se obtenham dados que permitam o ajuste de doses e concentrações dos fitormônios isolados que compõem os produtos comerciais. Visto que aplicações foliares não respondem de mesma forma à aplicação das mesmas substâncias nas sementes, e podem ser prejudiciais ao desenvolvimento vegetal.

## Agradecimentos

Ao departamento de Fitotecnia e ao Centro de Ciências Naturais e Exatas da Universidade Federal de Santa Maria pela infraestrutura necessária para a condução destes experimentos.

À FAPERGS, CAPES e CNPq pelas bolsas de iniciação científica e mestrado contempladas aos acadêmicos que desenvolveram este experimento.

## Referências

- ALBRECHT, L. P.; et al. Manejo de biorregulador nos componentes de produção e desempenho das plantas de soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 27, n. 6, p. 865–876, 2011.
- ALVARES, C. A.; et al., Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorol. Zeitschrift**. 22, 711–728, 2013.
- BERTOLIN, D. C.; et al., Aumento da produtividade da soja com aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**, Campinas, v. 2, p. 339-347, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009. 395 p.
- BULLA, N. B., et al., **Efeito do biorregulador stimulate sobre a produtividade de soja**. Seminário de Iniciação Científica e Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão (SIEPE). 2022.
- SILVA, M. D. **Biorreguladores: nova tecnologia para maior produtividade e longevidade do canavial**. São Paulo: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2020.
- TAIZ, L.; et al. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed 2017. 858p.

## **Efeito do uso de fitormônios na cultura da soja e seus aspectos produtivos**

Anderson Cesar Ramos Marques<sup>(1\*)</sup>, Diego Nicolau Follmann<sup>(1)</sup>, Vinícius Dos Santos Cunha<sup>(2)</sup>, Glauber Monçon Fipke<sup>(2)</sup>, Mariéli Santos Souto<sup>(3)</sup>, Ely Jhones Melo da Silva<sup>(4)</sup>, Weliton de Almeida Lansana<sup>(4)</sup>, Ana Eloísa Furlan<sup>(4)</sup>, Lusardo dos Santos da Silva<sup>(5)</sup>, Alexandre Bieleski Berlezi<sup>(6)</sup> e Iago Alexandre Bastos<sup>(7)</sup>

(1) Professor da Universidade Federal de Santa Maria, RS. (2) Professor da Universidade Federal do Pampa, RS. (3) Estudante de mestrado do PPG Agrobiologia-UFSM, RS. (4) Estudante de mestrado do PPG Agronomia-UFSM, RS. (5) Estudante de graduação em Agronomia-UFSM/ Bolsista PIBIC/CNPq. (6) Estudante de graduação em Agronomia-UFSM/ Bolsista PROBIC/FAPERGS e (7) Estudante de graduação em Agronomia-UFSM/ Bolsista FIPE/CCNE-UFSM. (\*) anderson.marques@ufsm.br.

**Resumo** – O estudo avaliou os efeitos da aplicação foliar de fitormônios (auxinas, giberelinas e citocininas) em diferentes estádios da cultura da soja. As aplicações resultaram em benefícios agrônômicos como maior área foliar, altura de planta, ramificações, número de vagens e produtividade. A giberelina aumentou a altura e o peso de mil grãos, enquanto as citocininas estimularam a ramificação e o número de nós produtivos. A aplicação de auxina em V6 também melhorou o desempenho da cultura. O uso técnico e em momentos estratégicos desses hormônios potencializa a produtividade da soja, especialmente quando associado à agricultura de precisão.

**Termos para indexação:** fitormônios, produtividade da soja, aplicação foliar.

## **Effect of the use of phytohormones in soybean crops and their productive aspects**

**Abstract** – The study evaluated the effects of foliar application of phytohormones (auxins, gibberellins, and cytokinins) at different growth stages of soybean. Applications resulted in agronomic benefits such as increased leaf area, plant height, branching, number of pods, and yield. Gibberellin increased plant height and thousand grain weight, while cytokinins stimulated branching and the number of productive nodes. The application of auxin at the V6 stage also improved crop performance. The technical and timely use of these hormones enhances soybean productivity, especially when integrated with precision agriculture practices.

**Index terms:** phytohormones, soybean productivity, foliar application.

## **Introdução**

A soja (*Glycine max* L.) é uma das culturas mais relevantes na agricultura brasileira, e seu desempenho tem sido potencializado com o uso de reguladores vegetais, como auxinas, giberelinas e citocininas. A aplicação aérea desses

fitormônios tem ganhado espaço em grandes áreas, por ser prática e eficiente. Esses compostos atuam em processos fisiológicos diversos e, quando aplicados corretamente, melhoram o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade da cultura (Taiz et al., 2017). Auxinas, como o ácido-indol-acético, promovem o alongamento celular e a formação de raízes, além disso, a aplicação via foliar entre V3 e V5, favorecem o desenvolvimento radicular, especialmente em situações de estresse, além de melhorar a fixação biológica de nitrogênio via simbiose com *Bradyrhizobium* (Ferrari et al., 2020; Santos et al., 2022).

Giberelinas, como a GA<sub>3</sub>, estimulam o crescimento de caules e o florescimento. Aplicadas em R1 e R2, melhoram a arquitetura da planta e a interceptação de luz, favorecendo a uniformidade da maturação (Calvo et al., 2014). No entanto, o excesso pode levar ao acamamento em cultivares suscetíveis (Du Jardin, 2015).

Já o uso de citocininas influenciam a divisão celular e o retardo da senescência. Aplicações em R3 prolongam a atividade fotossintética, melhoram o enchimento de grãos e reduzem o abortamento floral (Inoue et al., 2021; Soares et al., 2022). A eficiência da absorção aérea é potencializada em folhas jovens e meristemas, locais de maior ação hormonal.

Experimento sobre a mistura de auxina, giberelina e citocininas em V4 aumentou a produtividade em até 8% (Moura et al., 2021). Citocininas aplicadas em R3 também tem melhorado a tolerância à seca e o uso de água (Oliveira et al., 2020). Por isso, o uso desses reguladores deve ser técnico, baseado em testes e monitoramento, evitando respostas inconsistentes. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação foliar de fitormônios em diferentes momentos do ciclo da cultura da soja na produtividade e nos componentes de rendimento da cultura.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Santa Maria-UFSM, em área localizado no departamento de Fitotecnia (latitude 29°41' 02.31" S, longitude de 53°43' 57.63" O e altitude de 90m). A cultura da soja foi semeada sob resteva de trigo e a cultivar escolhida foi a NEO 660 IPRO de ciclo

indeterminado. O solo do local é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Arênico. O clima da região é definido por subtropical úmido com verões quentes, do tipo Cfa, sem estação de seca definida, segundo a classificação de Köppen e Geiger. A semeadura foi realizada no dia 05 de dezembro de 2024 com distância entre linhas foi de 45 centímetros.

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, compostos por seis tratamentos com quatro repetições, totalizando 24 parcelas, cada parcela tinha 2,25 metros de largura, 2,5 metros de comprimento e foi semeado 4 linhas da cultura em cada parcela. Os tratamentos culturais como adubação, o controle de plantas daninhas, fungicidas e inseticidas foram aplicados conforme a necessidade da cultura. A precipitação total durante o ciclo foi de 464 milímetros e houve um veranico no mês de janeiro.

Os tratamentos testados foram testemunha, sem aplicação de fitormônios; aplicação de citocininas (Benziladenina - 800 ml ha<sup>-1</sup> com produto de concentração de 20 g L<sup>-1</sup>) em V6; aplicação de citocininas (Benziladenina - 800 ml ha<sup>-1</sup> com produto de concentração de 20 g L<sup>-1</sup>) em pleno florescimento; aplicação de giberelina (Ácido giberélico - 62,5 g ha<sup>-1</sup> de produto com concentração de 400 g kg<sup>-1</sup>) em V6; aplicação de giberelina (Ácido giberélico - 62,5 g ha<sup>-1</sup> de produto com concentração de 400 g kg<sup>-1</sup>) no florescimento e aplicação de auxina em V6 (Ácido indolacético – 3000 ml ha<sup>-1</sup> de produto com concentração de 0,03 g L<sup>-1</sup>). As aplicações foram feitas com um pulverizador costal elétrico que contém uma barra com quatro bicos e utilizando a ponta tipo leque. A vazão das aplicações foi de 150 L ha<sup>-1</sup>.

Foram feitas análises de área foliar, onde foram coletadas três plantas por parcela quando as plantas estavam no estágio de florescimento, e após isso foram levadas ao laboratório. Aproximadamente 20% das folhas foram destacadas, escaneadas a 200 dpi no scanner (EPSON Expression 11000 equipado com luz adicional TPU) e analisadas no software WinRHIZO© Pro 2007. A partir do escaneamento foi obtido uma área foliar. Após, tanto folhas escaneadas quanto não escaneadas de cada planta, foram secas em estufa a 65 °C separadamente para obter a matéria seca (MS). Após secas as folhas

foram pesadas para que assim fosse estimada sua área foliar. Para isso se usou a equação:

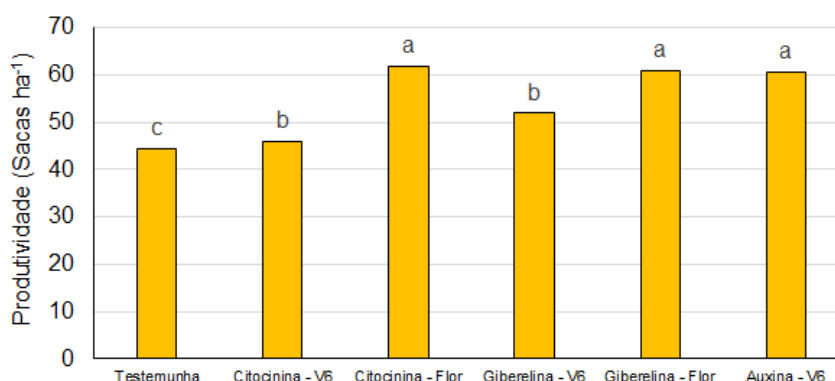
$$\text{Área foliar} = \frac{(\text{MS de folhas escaneadas} + \text{MS de folhas não escaneadas}) \times \text{Área foliar}}{\text{MS de folhas escaneadas}}$$

Para análise biométrica, foram coletadas 5 plantas de cada parcela de forma aleatória e foi medido: altura de planta (AP - cm), número de nós produtivos (NP), número de ramificações (NR), número de vagens (NV), número de grãos totais por planta e o peso de mil grão (PMG). A produtividade média por hectare foi obtida pela pesagem dos grãos colhidos pela colhedora de parcelas e estimado de acordo com o tamanho da parcela em sacos de soja.

No dia 17 de abril de 2025, foi realizado a colheita do experimento com uma colhedora de parcelas Classic Plus (Wintersteiger®). Foram colhidas três linhas da cultura, cada linha media 2,24 metros e foi realizada a dessecação uma semana antes. Os dados obtidos foram submetidos a análise por comparação de médias pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) no software SISVAR® (Ferreira, 2011).

## Resultados e discussão

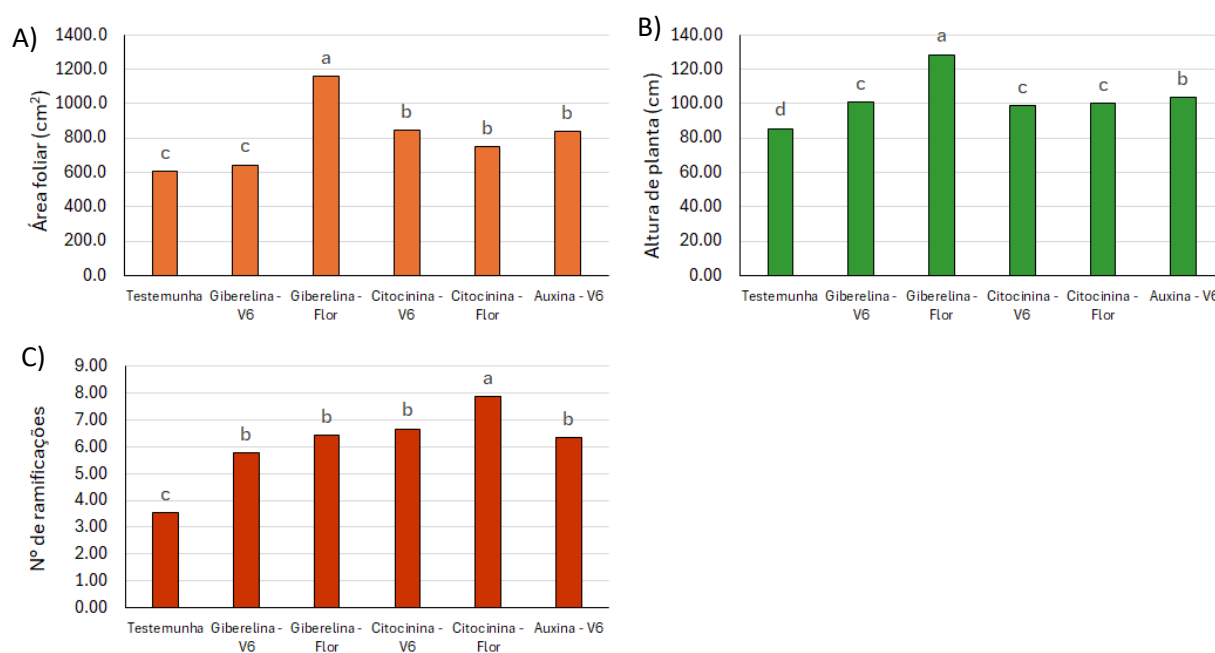
O uso de fitormônios na cultura da soja apresentou resultados significativos especialmente quando utilizado citocinina e giberelina no florescimento e auxina em V6. Citocininas e giberelina em V6 não diferiram entre si, mas foram superiores em relação a testemunha (Figura 1)



**Figura 1.** Produtividade da cultura da soja em função da aplicação foliar de fitohormônios em diferentes estádios da cultura.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente ( $p \geq 5\%$ ) pelo teste de Scott-Knott.

A área foliar foi maior principalmente quando foi utilizado giberelina em V6, produzindo o dobro em relação a testemunha (Figura 2A). Sendo esse tratamento com giberelina em pleno florescimento o tratamento que proporcionou as maiores alturas de plantas. Em geral todos os tratamentos apresentaram alturas maiores que um metro e maiores que a testemunha (Figura 2B). Além disso, o uso de fitormônios aumentou o número de ramificações, variando de 7 a 8 ramificações, enquanto a testemunha apresentou em torno de 3,5 ramificações por planta (Figura 2C).



**Figura 2.** Área foliar (A), altura de planta (B) e número de ramificações (C) na cultura da soja em função da aplicação foliar de fitohormônios em diferentes estádios da cultura.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente ( $p \geq 5\%$ ) pelo teste de Scott-Knott.

Esses dados produtivos provavelmente são resultado de maiores números de nós produtivos, que resulta em maior número de vagens e que resultou em aumento do número total de grãos por planta (Tabela 1), especialmente para o uso de citocininas. Interessantemente, os tratamentos giberelina – Flor e auxina - V6 que apresentaram as maiores produtividades também proporcionarem os maiores valores de PMG (Tabela 1).

**Tabela 1.** Componentes de rendimento da cultura da soja em função da aplicação foliar de fitormônios em diferentes estádios da cultura.

Tratamentos	Grãos totais	Nº de vagens	PMG	Nº de nós produtivos
Testemunha	106.98 e	42.18 e	159.88 c	23.22 e
Citocinina - V6	258.22 a	108.56 b	189.57 b	56.89 b
Citocinina - Flor	250.78 a	112.56 a	192.07 b	65.44 a
Giberelina - V6	153.33 d	68.67 d	185.09 b	34.00 d
Giberelina - Flor	175.22 c	84.44 c	214.71 a	45.11 c
Auxina - V6	209.33 b	105.33 b	208.08 a	56.78 b

Grãos por vagens; Grãos totais por planta; Número (Nº) de vagens por planta, Peso de mil grãos (PMG), Número (Nº) de nós produtivos por planta, Número (Nº) de ramificações por planta. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente ( $p \geq 5\%$ ) pelo teste de Scott-Knott.

O uso de giberelinas resultou em maiores alturas por planta e também maior área foliar, isso é coerente com a função fisiológica desse fitormônios, pois tem funções de aumento de entrenó e crescimento da planta, e isso pode ter auxiliado em maior PMG. O uso de citocininas é uma importante ferramenta no manejo da cultura da soja, pois tem a função de estimular a ramificação, pois é um fitormônio que reduz a dominância apical e aumenta o número de ramos laterais. Dessa forma, nos parece que o efeito produtivo isolado giberelina com maior altura, maior área foliar e maior PMG pode ser igualado pelo uso de citocininas que resulta em mais nós produtivos, aumentando o número de vagens e grãos totais.

## Conclusões

O uso de giberelinas aumentou a altura das plantas e a área foliar, favorecendo o crescimento e o PMG. Já as citocininas estimulam a ramificação, elevando o número de nós produtivos e, conseqüentemente, de vagens e grãos. O uso de citocininas e giberelina no florescimento, auxina em V6 e também citocininas e giberelina em V6 aumentaram a produtividade da cultura da soja.

## Referências

CALVO, P.; NELSON, L.; KLOEPPER, J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant and Soil**, v. 383, p. 3–41, 2014.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 3–14, 2015.

FERRARI, M.; SOUSA, M. A.; OLIVEIRA, R.; MENDONÇA, L. F. M.; LIMA, J. R. Influência de reguladores vegetais no desenvolvimento inicial da soja. **Revista Cultivando o Saber**, v. 13, n. 2, p. 202–212, 2020.

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

INOUE, R. C.; BALDASSARI, L. B.; LIMA, G. P. P.; SILVA, J. C.; GUIMARÃES, G. S. Citocinina, piraclostrobina e putrescina: influência no desenvolvimento de plantas de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 51, e67094, 2021.

MOURA, L. G.; CARVALHO, P. H. S.; OLIVEIRA, C. E.; SANTOS, A. R.; NASCIMENTO, A. G.; OLIVEIRA, J. W. Efeito de bioestimulantes no crescimento e produtividade da soja em condições tropicais. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 16, n. 3, p. 1–9, 2021.

OLIVEIRA, R. J.; VIEIRA, T. M.; LOPES, P. A.; MORAES, M. O. Efeito de citocininas na produtividade de soja em condições de estresse hídrico. **Revista Científica Rural**, v. 25, n. 2, p. 87–94, 2020.

SANTOS, A. C.; OLIVEIRA, F. L.; COSTA, J. A.; BORGES, F. R. Interação entre reguladores vegetais e rizóbios em soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 45, n. 1, p. 39–47, 2022.

SOARES, L. H.; FERREIRA, M. A.; DIAS, M. F.; LIMA, B. G.; ALMEIDA, S. S.; VIEIRA, J. S.; PEREIRA, J. F. Alterações fisiológicas e produtivas na cultura da soja devido ao uso de cinetina. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 52, e70345, 2022.

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



## **Desempenho da soja submetida ao déficit hídrico em função de coberturas do solo no outono/inverno com forrageiras tropicais**

Laura Alievi Tirelli<sup>(1)</sup>, Luis Sangoi<sup>(2)</sup>, Alison de Meira Ramos<sup>(3)</sup>, Julio Cezar Franchini<sup>(4)</sup>, Henrique Debiasi<sup>(4)</sup> e Alvadi Antonio Balbinot Junior<sup>(5\*)</sup>

<sup>(1)</sup> Estudante de mestrado, Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages, SC. <sup>(2)</sup> Professor, Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages, SC. <sup>(3)</sup> Estudante de mestrado, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR. <sup>(4)</sup> Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR. <sup>(5)</sup> Pesquisador, Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. (\*) [alvadi.balbinot@embrapa.br](mailto:alvadi.balbinot@embrapa.br).

**Resumo** – As forrageiras tropicais dos gêneros *Urochloa* e *Megathyrsus* podem ser utilizadas como plantas de cobertura do solo no outono/inverno em regiões com baixa incidência de geadas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de cultivares forrageiras tropicais para cobertura do solo no outono/inverno sobre a produtividade e as concentrações de proteína e óleo nos grãos de soja em sucessão. O cultivo de forrageiras tropicais como cobertura do solo proporcionou maiores produtividades de soja em safra com déficit hídrico, em relação ao pousio e ao milho segunda safra. O cultivo de BRS Tamani como cobertura do solo conferiu maior concentração de proteína nos grãos de soja, comparativamente ao milho segunda safra.

**Termos para indexação:** *Glycine max* L. Merr., sistema plantio direto, teores de proteína e óleo nos grãos.

## **Performance of soybean crop subjected to water deficit as a function of tropical forages used as cover crops in autumn/winter**

**Abstract** – Tropical forages of the *Urochloa* and *Megathyrsus* genera can be used as cover crops in the autumn and winter in regions with low incidence of frost. The objective of this study was to evaluate the effect of tropical forage cultivars used as cover crops in autumn and winter on yield, protein and oil concentrations. The tropical forages as cover crops resulted in higher soybean yield during a growing season with water deficit, compared to fallow and second-season maize. The BRS Tamani as cover crops provided higher protein concentration in soybean grains compared to second-season maize.

**Index terms:** *Glycine max* L. Merr., no-tillage, protein and oil concentration.

## **Introdução**

Nas regiões Norte e Oeste do Paraná, o milho segunda safra é a principal cultura utilizada na entressafra da soja, em sistema de sucessão de culturas. Essa prática intensifica o uso da terra, insumos, máquinas e mão de obra (Yokoyama et al., 2022). Por outro lado, a utilização contínua desse modelo tem

contribuído para o agravamento de alguns problemas, como a compactação superficial do solo em sistema plantio direto (SPD), o aumento da erosão hídrica, a baixa cobertura do solo entre a colheita do milho e a semeadura da soja e o crescimento de populações de plantas daninhas e de fitonematoides (Garbelini et al., 2020 e 2022; Balbinot Junior et al., 2024).

Uma opção para diversificar os sistemas de produção de grãos é a utilização de culturas de cobertura no outono/inverno, em substituição ao milho segunda safra, especialmente quando o cereal é semeado tardiamente, quando há elevado risco de perdas por déficit hídrico e/ou geadas. Há várias espécies de plantas de cobertura já estudadas e utilizadas em larga escala na entressafra da soja, como a *ruziensis*. No entanto, novas cultivares de *Urochloa* spp. (braquiária) e *Megathyrsus maximus* (panicum), lançadas na última década, apresentam potencial para uso como cobertura do solo e como plantas forrageiras. Essas cultivares apresentam alto crescimento de raízes e de parte aérea, além da boa adaptação a uma ampla variação de solo e de clima. É fundamental compreender o impacto do cultivo dessas cultivares forrageiras na entressafra da soja sobre a cultura. Além disso, as culturas de entressafra podem alterar as concentrações de proteína e óleo nos grãos de soja em sucessão (Balbinot Junior et al., 2024). Nas últimas décadas, tem ocorrido redução das concentrações de proteína nos grãos de soja, gerando preocupação nas indústrias que fabricam o farelo proteico (Umburanas et al., 2023).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de cultivares forrageiras tropicais para cobertura do solo no outono/inverno sobre a produtividade e as concentrações de proteína e óleo nos grãos de soja em sucessão.

## Material e métodos

O experimento foi implantado em março de 2023 em Londrina, PR (23°11'37" S, 51°11'03" W e 630 m de altitude), em delineamento de blocos completos casualizados, com quatro repetições e parcelas de 40 m<sup>2</sup> (8 x 5m). Na implantação do experimento, o solo apresentava as seguintes características na camada de 0-20 cm: C (Walkley Black) 17,8 g dm<sup>-3</sup>; pH CaCl<sub>2</sub> 5,1; K (Mehlich 1) 0,85 cmolc dm<sup>-3</sup>; P (Mehlich 1) 36,9 mg dm<sup>-3</sup>; Ca 4,41 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg 1,52

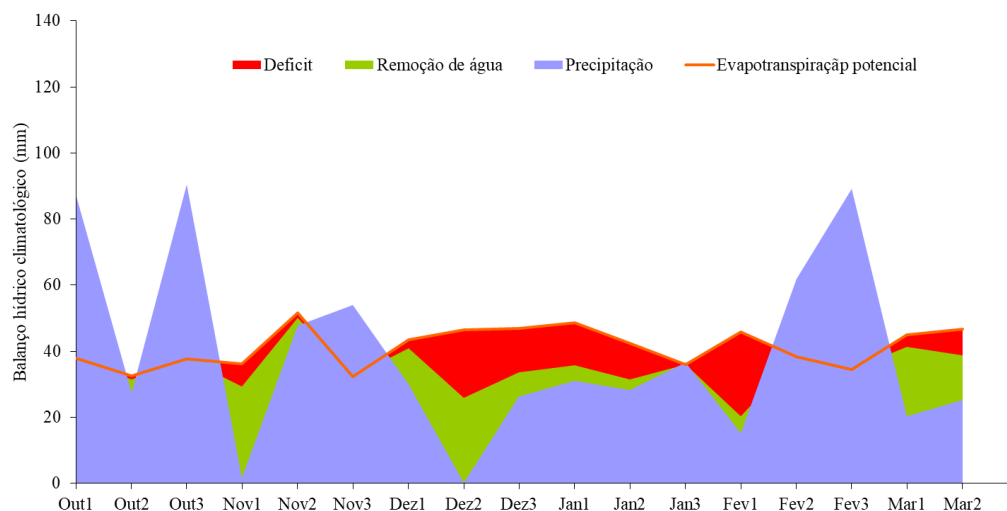
cmolc dm<sup>-3</sup>, argila 710 g kg<sup>-1</sup>; silte 82 g kg<sup>-1</sup>; e areia 208 g kg<sup>-1</sup>. Nas Figuras 1 e 2 são apresentadas informações atmosféricas durante o ciclo de desenvolvimento da soja.

Foram avaliados os seguintes tratamentos no outono/inverno de 2023: 1) *Urochloa ruziziensis* (ruziziensis); 2) *U. brizantha* (Xaraés); 3) *U. brizantha* (BRS Paiaguás); 4) *Megathyrsus maximus* (BRS Tamani); 5) *M. maximus* (BRS Quênia); 6) *M. maximus* (BRS Zuri); 7) Milho segunda safra, destinado à produção de grãos; e 8) Pousio, com controle total de plantas espontâneas.

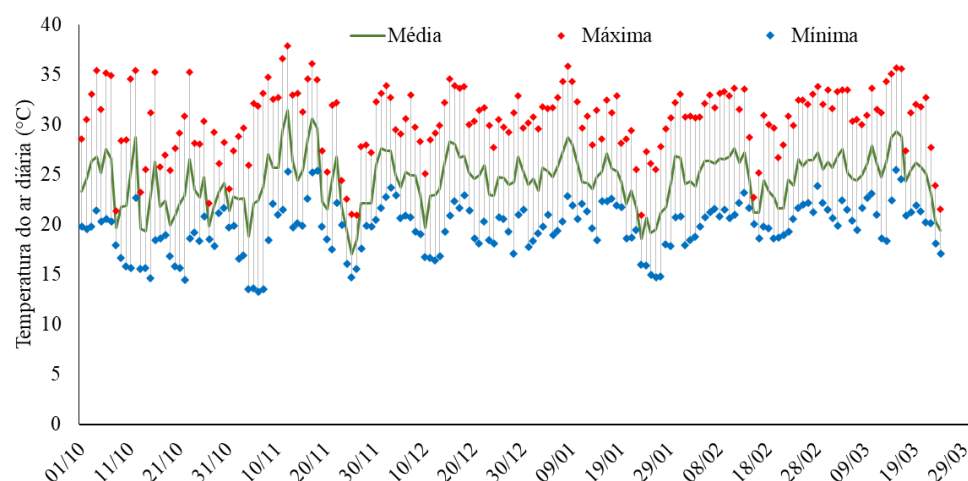
A implantação do milho e das forrageiras foi realizada em março de 2023. O milho foi implantado em SPD, com 0,45 m de espaçamento e 60 mil plantas ha<sup>-1</sup>, com a adubação de base e de cobertura para atingir 8 t ha<sup>-1</sup> de grãos. As forrageiras também foram implantadas em SPD, a 0,17 m de espaçamento entre linhas e 2 cm de profundidade de deposição das sementes. Foram utilizados 6 kg ha<sup>-1</sup> de sementes das forrageiras.

Ao final de setembro de 2023, as forrageiras foram dessecadas com glifosato (2,5 kg e.a. ha<sup>-1</sup>) e a soja foi implantada em outubro, seguindo com manejo voltado à obtenção de produtividade de 5 t ha<sup>-1</sup> de grãos. Foram avaliadas a quantidade de palha na semeadura da soja; a produtividade da soja, com dados corrigidos para 13% de umidade; e as concentrações de óleo e proteína de grãos inteiros, determinadas por espectroscopia de refletância no infravermelho próximo (Heil, 2010), sendo os dados expressos em base seca.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e teste F. Quando constatados efeitos significativos dos tratamentos, os mesmos foram comparados pelo teste t (LSD). Em todas as análises foi considerado p<0,05.



**Figura 1.** Balanço hídrico climatológico decenal durante o ciclo de desenvolvimento da soja, considerando a capacidade de água disponível (CAD) de 75 mm. Londrina, PR, safra 2023/2024.



**Figura 2.** Temperaturas diárias médias, máximas e mínimas do ar durante o ciclo de desenvolvimento da soja. Londrina, PR, safra 2023/2024.

## Resultados e discussão

As coberturas formadas com Ruziziensis, Xaraés e BRS Zuri produziram as maiores quantidades de palha, enquanto que a menor quantidade foi observada no milho segunda safra (Tabela 1). As produtividades médias de soja foram baixas, em função do intenso e prolongado déficit hídrico no período de formação de vagens e enchimento dos grãos, além de elevadas temperaturas máximas durante o ciclo de desenvolvimento da cultura (Figuras 1 e 2). O cultivo

de BRS Paiaguás, BRS Tamani e BRS Quênia, como coberturas de solo de outono/inverno, conferiram maiores produtividade de grãos de soja em sucessão, em comparação a BRS Zuri, milho segunda safra e pousio. No caso da BRS Zuri, a implantação da soja foi prejudicada pela formação de touceiras, além da dificuldade em dessecar as plantas desta cultivar com glifosato.

Os resultados demonstram a baixa produtividade da soja em sucessão ao pousio no outono/inverno (Tabela 1), demonstrando o grande efeito dos cultivos antecessores sobre a soja. Balbinot Junior et al. (2017) constataram o efeito benéfico das raízes e da parte aérea de braquiárias sobre a soja cultivada em sucessão. O crescimento vigoroso de raízes das forrageiras tropicais contribui para a estruturação do solo e formação de bioporos contínuos, ampliando a infiltração de água no solo e o crescimento de raízes de soja em camadas subsuperficiais (Bertollo et al., 2021). Além disso, a palha das forrageiras tropicais reduz o aquecimento do solo e as perdas de água por evaporação (Ma et al., 2024). Nesse contexto, o cultivo de forrageiras tropicais antecedendo a soja, como cobertura do solo, é uma prática importante para conferir resiliência à soja frente ao déficit hídrico.

**Tabela 1.** Quantidade de palha presente sobre o solo no dia da semeadura da soja e produtividade de grãos da oleaginosa em diferentes tratamentos de outono/inverno. Londrina, PR, safra 2023/2024

Tratamentos	Palha na semeadura da soja (Mg ha <sup>-1</sup> )	Produtividade da soja (kg ha <sup>-1</sup> )
Ruziziensis	9,3 a <sup>1</sup>	3096 ab
Xaraés	8,4 a	3024 ab
BRS Paiaguás	5,0 bc	3310 a
BRS Tamani	6,4 b	3448 a
BRS Quênia	5,6 bc	3474 a
BRS Zuri	8,8 a	2592 bc
Milho segunda safra	4,4 c	2708 bc
Pousio	-	2395 c
C.V. (%)	21,7	12,8

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste t (LSD) (p<0,05).

A concentração de proteína nos grãos de soja após o cultivo de BRS Tamani foi superior ao milho segunda safra (Tabela 2). Em trabalho desenvolvido por Balbinot Junior et al. (2024) constatou-se, na média de sete safras, maior concentração de proteína nos grãos de soja cultivada após cobertura do solo

com ruziziensis, comparativamente ao milho segunda safra, demonstrando os efeitos dos cultivos prévios na composição dos grãos de soja. Observou-se maior concentração de óleo na soja cultivada após Xaraés em relação a BRS Quênia, BRS Zuri e pousio.

**Tabela 2.** Concentração de proteína e de óleo em grãos de soja em diferentes tratamentos de outono/inverno. Londrina, PR, safra 2023/2024

Tratamentos	Concentração de proteína (%)	Concentração de óleo (%)
Ruziziensis	36,57 ab	22,38 ab
Xaraés	36,13 ab	23,53 a
BRS Paiguás	36,23 ab	22,31 ab
BRS Tamani	37,53 a	22,22 ab
BRS Quênia	36,39 ab	22,00 b
BRS Zuri	36,57 ab	22,04 b
Milho segunda safra	35,33 b	22,91 ab
Pousio	36,67 ab	21,72 b
C.V. (%)	3,4	4,3

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste t (LSD) ( $p < 0,05$ ).

## Conclusões

1. O cultivo de forrageiras tropicais no outono/inverno, como plantas de cobertura do solo, proporcionou maiores produtividades de soja em safra com déficit hídrico, em relação ao pousio e ao milho segunda safra.
2. O cultivo de BRS Tamani como planta de cobertura do solo no outono/inverno conferiu maior concentração de proteína nos grãos de soja cultivada em sucessão, comparativamente ao milho segunda safra.

## Referências

- BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; YOKOYAMA, A. H. Contribution of roots and shoots of *Brachiaria* species to soybean performance in succession. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 592-598, 2017.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; OLIVEIRA, M. A.; COELHO, A. E.; MORAES, M. T. Soybean yield, seed protein and oil concentration, and soil fertility affected by off-season crops. **European Journal of Agronomy**, v. 153, p. 127039, 2024.
- BERTOLLO, A. M.; MORAES, M. T. de; 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.

GARBELINI, L. G.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; COELHO, A. E.; TELLES, T. S. Diversified crop rotations increase the yield and economic efficiency of grain production systems. **European Journal of Agronomy**, v. 137, 126528, 2022.

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, p. 4092-4103, 2020.

HEIL, C., 2010. **Rapid, multi-component analysis of soybeans by FT-NIR spectroscopy**. Thermo Sci. 1–3.

MA, J.; CHANG, L.; LI, Y.; LAN, X.; JI, W.; ZHANG, J.; HAN, F.; CHENG, H.; CHAI, Y.; CHAI, S. Straw strip mulch improves soil moisture similar to plastic film mulch but with a higher net income. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 362, 108855, 2024.

UMBURANAS, R.C.; KAWAKAMI, J.; AINSWORTH, E.A.; FAVARIN, J.L.; ANDERLE, L.Z.; DOURADO-NETO, D.; REICHARDT, K. Changes in soybean cultivars released over the past 50 years in southern Brazil. **Scientific Reports**, v. 12, 508, 2022.

YOKOYAMA, A. H.; ZUCARELI, C.; COELHO, A. E.; NOGUEIRA, M. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Precrops and N-fertilizer impacts on soybean performance in tropical regions of Brazil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 44, e54650, 2022.

## Plantas de cobertura antecedendo a soja em terras baixas

Vitória Pinheiro Chuquel<sup>(1\*)</sup>, Letícia Possel<sup>(1)</sup>, Luka da Costa Bianchin<sup>(1)</sup>, Vitória Romero Garcia<sup>(1)</sup>, Kawã Leonel da Silva<sup>(1)</sup>, Chaiane Guerra da Conceição<sup>(2)</sup>, Eracilda Fontanela<sup>(2)</sup>, Vinícius dos Santos Cunha<sup>(2)</sup> e Glauber Monçon Fipke<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Estudante de graduação, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, RS.

<sup>(2)</sup> Professor do magistério superior, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, RS. <sup>(3)</sup> Professor do magistério superior, Universidade Federal do Pampa, Itaqui, RS. (\*) vitoriachuquel.aluno@unipampa.edu.br.

**Resumo** – A soja cultivada nas terras baixas do Bioma Pampa tem ocupado área cada vez maior ao longo dos últimos anos. Produtores da região tem buscado aumentar a produtividade da cultura e umas das formas possíveis é a introdução de plantas de cobertura na entressafra. Com isso, este trabalho tem como objetivo analisar o efeito de diferentes espécies de plantas de cobertura, antecedendo a soja, sobre a produtividade da cultura e sobre seus componentes. O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Pampa, entre 2023 e 2024, com 6 tratamentos instalados em delineamento de blocos ao acaso com 4 repetições, sendo eles: T1: pousio; T2: Ervilhaca (*Vicia sativa*); T3: Aveia-preta (*Avena strigosa*); T4: Centeio (*Secale cereale*); T5: Nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*) e T6: Mix. Os tratamentos foram analisados quanto a produtividade de massa seca (t/hectare), população de plantas (plantas/hectare), número de vagens/planta, número de grãos/vagem, massa de mil grãos (gramas) e produtividade de grãos (kg/hectare). A cultura do centeio é a melhor escolha como planta de cobertura na situação estudada.

**Termos para indexação:** rotação de culturas, sulco-camalhão, sustentabilidade.

## Cover crops preceding soybeans in lowlands

**Abstract** – Soybean in the lowlands of the Pampa Biome has occupied an increasingly area in the last couple of years. Growers from that region have been Looking for ways to increase yields and one possible approach could be to introduce cover crops during the winter before soybean crop season. Therefore, this study aims to analyze the effect of different cover crop species, preceding soybean, on crop productivity and its components. The experiment was conducted at the Federal University of Pampa, between 2023 and 2024, with 6 treatments installed in a randomized block design with 4 replications, namely: T1: fallow; T2: Common vetch (*Vicia sativa*); T3: Black oat (*Avena strigosa*); T4: Rye (*Secale cereale*); T5: Forage radish (*Raphanus sativus*); and T6: Mix. The treatments were analyzed for dry mass productivity (t/hectare), plant population (plants/hectare), number of pods/plant, number of grains/pod, thousand-grain mass (grams), and grain productivity (kg/hectare). Rye is the best choice as a cover crop in the studied situation.

**Index terms:** crop rotation, ridges for irrigation, sustainability.



## Introdução

Localizada no Bioma Pampa, a metade sul do Rio Grande do Sul (RS) é caracterizada pela sua topografia plana e solos com condutividade hidráulica e drenagem de características complexas (Streck et al., 2018). É majoritariamente utilizada com a monocultura do arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado por inundação, sendo seguida apenas ou por pastagem espontânea ou pousio. No entanto, devido ao cultivo contínuo arroz sem rotação associada a utilização contínua dos mesmos herbicidas, tem se observado um aumento nos problemas relacionados ao manejo de pragas e plantas invasoras. Um dos principais desafios encontrados nas últimas safras é o aumento do número de biótipos de arroz vermelho, que vem apresentando resistência aos defensivos mais comuns, como os controladores da ALS (Rubin et al., 2014).

Como resposta a isto, têm-se buscado na região alternativas para mitigar esse problema. Uma das soluções que pode ser utilizada pelos produtores é a introdução de plantas de cobertura antecedendo a soja (*Glycine max* L.). A área cultivada de soja em rotação com arroz vem aumentando cada vez mais nos últimos anos (IRGA, 2023), visto que apresenta bons resultados, principalmente após a criação do sistema sulco-camalhão, que permite a irrigação e a drenagem das áreas (Campos et al., 2021).

Essas práticas permitiram que a região ampliasse seu potencial para a diversificação de cultivos e obtivesse novos meios de renda. Contudo, existem poucos estudos a respeito da utilização de plantas de cobertura e como elas podem afetar a soja cultivada nessas áreas com esse tipo de prática de cultivo.

O objetivo deste estudo foi analisar o efeito de diferentes espécies de plantas de cobertura, antecedendo a soja, sobre a produtividade da cultura e sobre seus componentes.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Pampa, no município de Alegrete, com a Área Experimental localizada nas coordenadas geográficas 29° 47' 44,19" S, 55° 45' 47,71" O, a uma altitude de 100 metros. O experimento foi iniciado em maio de 2023 e finalizado em abril de 2024, com a implantação de 6 tratamentos (T), caracterizados pela cobertura vegetal que

antecedeu o cultivo da soja, distribuídos em delineamento de blocos ao acaso com 4 repetições, sendo eles: T1: pousio; T2: Ervilhaca (*Vicia sativa*); T3: Aveia-preta (*Avena strigosa*); T4: Centeio (*Secale cereale*); T5: Nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*) e T6: Mix. O mix foi composto pelas mesmas espécies que foram cultivadas “solteiras”, na proporção de: 40% de ervilhaca, 25% de aveia-preta, 25% de centeio e 10% de nabo-forrageiro. Foi utilizado um total de 240 kg da fórmula do fertilizante 18-46-40/hectare, a lanço, nas plantas de cobertura. Cada unidade experimental possuía 9,45 m<sup>2</sup> de área total.

A produtividade de massa seca (t.ha<sup>-1</sup>) de cada tratamento foi realizada a partir da coleta de matéria verde, seguida de secagem em estufa com temperatura de 65°C por 72 horas. Após secagem, as amostras foram pesadas. Logo após a coleta das plantas, o experimento foi então dessecado utilizando herbicida de marca comercial Zapp QI 620®, na dose de 3,0 L.ha<sup>-1</sup>. A coleta das plantas assim como a aplicação de herbicida se deu em 04/09/2023.

A soja foi semeada no dia 07/11/2023. Previamente a semeadura, as sementes foram tratadas com produto à base de fungicida e inseticida. No dia da semeadura, as sementes foram tratadas com inoculante à base de *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense*. Utilizou-se a cultivar BMX Garra IPRO, na densidade de 300.000 sementes viáveis.ha<sup>-1</sup>, semeadas manualmente. A partir da semeadura, o manejo da cultura foi realizado igualmente em todo o experimento, seguindo as recomendações da pesquisa.

Em função da restrição hídrica ocorrida no final do mês de janeiro e início de fevereiro, foi necessário realizar um número de quatro irrigações. As irrigações foram realizadas por meio de politubos equipados com comportas plásticas, onde a água é conduzida por gravidade pelos sulcos (Campos et al., 2021), totalizando, em cada irrigação, um total de 25 mm. Dados meteorológicos, para estimativas de evapotranspiração potencial, foram obtidos através de INMET (2024).

No dia 16/01/2024, quando a soja se encontrava em florescimento pleno, foi realizado um voo para estimativa do índice de folhas verdes (GLI). O drone utilizado nessa foi o DJI mini2™. Como configuração de voo, utilizou-se altura de voo de 60 metros, com sobreposição frontal de 85% e lateral de 65%, a uma

velocidade de 8 km/h. O voo foi executado de forma automática, por meio do aplicativo de celular DroneHarmony®. As imagens coletadas foram processadas no software WebODM™ para a criação do modelo digital de elevação, sendo que o que os dados altimétricos obtidos foram extraídos e trabalhados no software Quantum GIS ®. A metodologia utilizada para o uso desse índice foi a mesma utilizada por Assis et al. (2024).

Por ocasião da colheita, no dia 30/03/2023, realizou-se a mensuração dos seguintes parâmetros fitotécnicos: População de Plantas ( $n^{\circ}$  de plantas.ha<sup>-1</sup>), Número de Legumes.planta<sup>-1</sup>, Número de grãos.Legume<sup>-1</sup>, Massa de Mil Grãos (Gramas) e Produtividade de Grãos (t.ha<sup>-1</sup>).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) no software R, por meio do pacote easyanova, e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Foi utilizado também o teste de análise de componentes principais, pelo pacote MultivariateAnlysis.

## Resultados e discussão

De acordo com os resultados da ANOVA apresentados na Tabela 1, apenas a produtividade de massa seca (MS) das plantas de cobertura apresentou significância.

**Tabela 1.** Resumo do quadro de análise de variância.

Variável	Média Geral	CV (%)	P
Massa seca das plantas de cobertura	2,81	46,11	0,0243*
GLI	0,178	17,83	0,3124ns
População de plantas de soja	139300,41	20,84	0,0882ns
Nº de vagens por planta de soja	68,63	26,86	0,7304ns
Nº de grãos por legume de soja	2,32	2,89	0,3476ns
Massa de mil grãos de soja	0,18	3,46	0,1195ns
Produtividade de grãos de soja	3,85	28,18	0,8928ns

Legenda: Média geral, coeficiente de variação (CV, %) e probabilidade de significância pelo valor P extraído da análise de variância para as variáveis: Massa seca das plantas de cobertura (t/hectare), GLI, População de plantas de soja (plantas/hectare), Número de legumes por planta de soja, Massa de mil grãos de soja (kg), Produtividade de grãos de soja (kg/hectare);

\*: significativo a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo a 5% de probabilidade de erro.

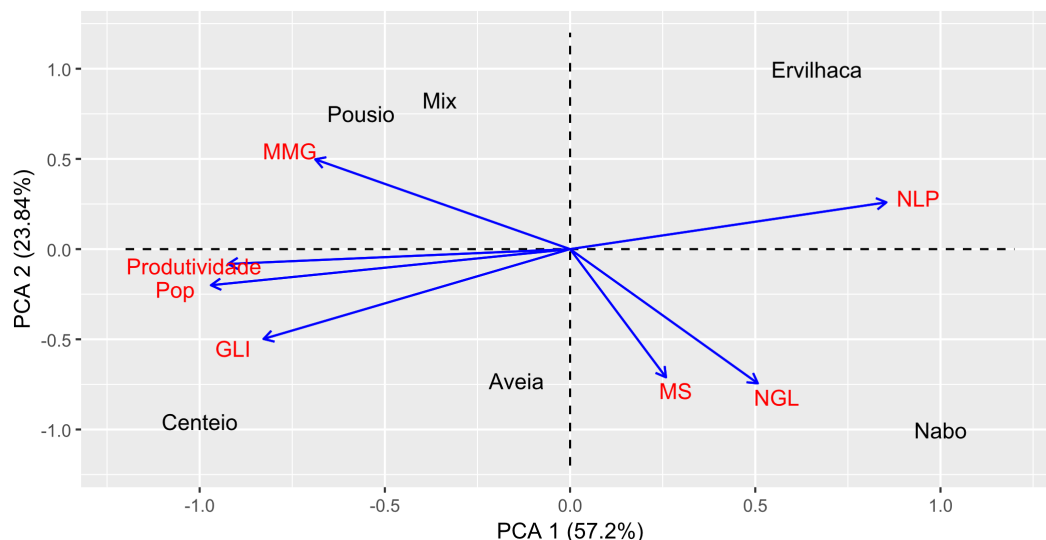
O teste de comparação de médias revelou que a produtividade de MS diferiu apenas entre a Aveia e o pousio, não havendo diferenças entre as demais opções de plantas de cobertura pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro (Tabela 2).

**Tabela 2.** Médias dos tratamentos para produtividade de Massa Seca das plantas de cobertura (MS, t.ha<sup>-1</sup>), Índice de folha verde (GLI), População de plantas (PP, n° de plantas.ha<sup>-1</sup>), Número de Legumes por Planta (NLP), Número de Grãos por Legume (NGL), Massa de Mil Grãos (MMG) e Produtividade de grãos (Produtividade, t.ha<sup>-1</sup>).

Tratamento	MS	GLI	PP	NLP	NGL	MMG	PG
Nabo	3,59ab*	0,17	113.271,60	76,85	2,37	0,17	3569,95
Centeio	3,05ab	0,20	173.456,79	59,95	2,33	0,18	4228,28
Aveia	4,40a	0,18	141.666,67	64,20	2,33	0,18	3791,95
Ervilhaca	2,37ab	0,15	116.666,67	73,98	2,32	0,18	3449,59
Mix	2,70ab	0,18	139.197,53	73,20	2,26	0,18	4121,38
Pousio	0,77b	0,18	151.543,21	63,63	2,30	0,18	3970,31

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

Como já mencionado no texto, somente a produtividade de MS foi afetada pelos tratamentos. Com isso, não é possível, por meio da análise de variância e teste de médias, apontar, por exemplo, qual planta de cobertura propiciou aumento de produtividade na soja, pois as médias não diferem estatisticamente. Porém, é possível utilizar a análise de componentes principais para verificar se esse padrão se repete utilizando-se de um método estatístico multivariado. Conforme verifica-se na Figura 1, a análise de componentes principais apontou que tanto população de plantas como produtividade de grãos de soja estão mais relacionados ao uso do centeio e aveia-preta como planta de cobertura. Da mesma forma, o NLP apresentou maior relação com o nabo e a ervilhaca, possivelmente em função do menor número de plantas obtido pela soja semeada em sequência a essas duas espécies, de acordo com a análise de componentes principais. O mix de espécies de cobertura, assim como o pousio, apresentou influência apenas sobre a MMG (Figura 1).



**Figura 1.** Análise de componentes principais.

Esses resultados corroboram com outros presentes na literatura, onde o centeio se destaca como uma cultura em potencial para anteceder a soja, assim como a aveia-preta (Valicheski et al., 2012; Salvagiotti et al., 2024; Whippon et al., 2024).

## Conclusões

As culturas do centeio e/ou da aveia-preta podem ser utilizadas como plantas de cobertura antecedendo a soja em terras baixas quando se almeja aumento de produtividade.

## Agradecimentos

A Unipampa, a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação Agrisus pela concessão de bolsas de iniciação científica para os alunos envolvidos em projetos que deram origem aos resultados apresentados. A FAPERGS pela concessão de auxílio financeiro, via Edital FAPERGS 14/2022 AUXÍLIO RECÉM-DOCTOR ou RECÉM-CONTRATADO – ARD/ARC, fomentando parte do ferramental utilizado no trabalho.

## Referências

- ASSIS, P. H. S.; LUZ, J. M. Q.; GALLIS, R. B. A.; MACIEL, G. M.; OLIVEIRA, R. C.; BORGES, R. T. O.; SIQUIEROLI, A. C. S. Vegetation indices for monitoring agronomic performance of potato under combinations of mineral and organic fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.28, n.12, e278100, 2024.
- CAMPOS, A. S.; CENTENO, A.; ANDRES, A.; PARFITT, J. M. B.; MÉLLO-ARAUJO, L. B.; BUENO, M. V.; PINTO, M. A. B.; MARTINS, M. B.; VEBER, P. M.; SCIVITTARO, W. B. Utilização da Tecnologia Sulco-camalhão na Produção de Soja e Milho em Terras Baixas do Rio Grande do Sul. **DOCUMENTOS (EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. IMPRESSO)**, v. 1, p. 1-32, 2021.
- IRGA – Instituto Riogrande do Arroz. Safras. Disponível em: <<https://irga.rs.gov.br/safras>>. Acesso em: 05 jun. 2023.
- RUBIN, R. S.; AGOSTINETTO, D.; MANICA-BERTO, R.; FRAGA, D. S.; TAROUÇO, C. P. Resistência de biótipos de arroz-vermelho aos herbicidas imazapyr + imazapic e alternativas de controle. Resistência de biótipos de arroz-vermelho aos herbicidas imazapyr + imazapic e alternativas de controle. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n.5, p. 660-667, 2014.
- SALVAGIOTTI, F.; BIASSONI, M. M.; MAGNANO, L.; BACIGALUPPO, S. Enhanced seed yield of full-season soybean when rotated with cereals and cover crops as compared to monoculture in a long-term experiment. **European Journal of Agronomy**, v. 161, e127382, 2024.
- STRECK, E. V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 3º Edição Revista Ampliada. 3º. ed. Porto Alegre, RS: Emater/RS, 2018, v. 2000, 252 p.
- Valichesk, r. r.; Grossklaus, f.; Stürmer, s. l. k.; Tramontin, a. l.; baade, e. s. a. s. Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.9, p.969–977, 2012.
- WHIPPO, C. W.; SALIENDRA, N. Z.; LIEBIG, M. A. Cover crop inclusion and residue retention improves soybean production and physiology in drought conditions. **Heliyon**, v. 10, e29838, 2024.

## **Produtividade e margem bruta de modelos de produção envolvendo a soja nas terras baixas da Fronteira Oeste do RS**

Letícia Possel<sup>(1)</sup>, Luka da Costa Bianchin<sup>(1)</sup>, Vitória Garcia Romero<sup>(1)</sup>, Vitória Pinheiro Chuquel<sup>(1)</sup>, Chaiane Guerra da Conceição<sup>(2)</sup>, Eracilda Fontanela<sup>(2)</sup>, Lanes Beatriz Acosta Jaques<sup>(2)</sup>, Glauber Monçon Fipke<sup>(3)</sup>, Vinícius dos Santos Cunha<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Estudante de graduação, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, RS.

<sup>(2)</sup> Professor do magistério superior, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, RS. <sup>(3)</sup> Professor do magistério superior, Universidade Federal do Pampa, Itaqui, RS. (\*) leticiapossel.aluno@unipampa.edu.br.

**Resumo** – O aumento da área de soja em terras baixas da metade sul do RS, tradicionalmente cultivadas com arroz irrigado, representa importante avanço para a implantação de sistemas mais diversificados. Com isso, este trabalho tem o objetivo investigar diferentes modelos de produção de cultivos visando a diversificação de culturas e seu impacto sob aspectos produtivos e econômicos. Conduzido na Universidade Federal do Pampa, entre 2023 e 2024, em delineamento de blocos ao acaso, com 4 repetições e composto por 8 modelos (M) : M1: pousio + soja; M2: aveia preta + azevém no inverno + soja; M3: mix de centeio + aveia preta + nabo forrageiro + ervilhaca no inverno + soja; M4: pousio + milho em agosto + soja em sequência ao milho; M5: mix de centeio + aveia preta + nabo forrageiro + ervilhaca no inverno + milho em agosto + soja em sequência ao milho; M6: canola + milho em sequência a canola + soja em sequência ao milho; M7: trigo em maio + soja em sequência ao trigo; M8: trigo em junho + soja em sequência ao trigo. Os modelos foram avaliados quanto a produtividade de grãos e/ou de matéria seca e Margem Bruta (R\$/ha). O modelo M6 apresentou o melhor resultado de renda em margem bruta, além de maior diversificação em produtividade de grãos.

**Termos para indexação:** rotação de culturas, sustentabilidade, diversificação, sistemas de produção, rentabilidade.

## **Crop scheduling schemes for lowland areas of the Western Border of RS**

**Abstract** – The increase in the soybean area in lowlands in the southern half of RS, traditionally cultivated with irrigated rice, represents an important advance for the implementation of more diversified systems. Therefore, this work aims to investigate different crop production models aiming at crop diversification and their impact on productive and economic aspects. Conducted at the Federal University of Pampa, between 2023 and 2024, in a randomized block design, with 4 replications and composed of 8 models (M): M1: fallow + soybean; M2: black oats + ryegrass in winter + soybean; M3: mix of rye + black oats + forage radish + vetch in winter + soybean; M4: fallow + corn in August + soybean following corn; M5: mix of rye + black oats + forage radish + vetch in winter + corn in August

+ soybean following corn; M6: canola + corn following canola + soybean following corn; M7: wheat in May + soybean following wheat; M8: wheat in June + soybean following wheat. The strategies were evaluated in terms of grain and/or dry matter productivity and Gross Margin (R\$/ha). Model M6 presented the best income result in gross margin, in addition to greater diversification in grain productivity.

**Index terms:** crop rotation, sustainability, diversification, production systems, profitability.

## Introdução

A metade sul do Rio Grande do Sul (RS) está, na quase totalidade de sua área, localizada dentro do Bioma Pampa. A topografia plana, aliada a composição de seus solos, faz com que a principal cultura agrícola da região seja o arroz irrigado (*Oryza sativa* L.), com área cultivada em torno de 950.000 hectares (CONAB, 2025). A inserção da soja e do milho nas terras baixas foi acompanhada de ajustes no manejo, principalmente no que diz respeito ao solo, tanto do ponto de vista físico quanto químico (Fleck et al., 2023; Henry et al., 2018; Giacomeli et al., 2017; Marchesan et al., 2017). Práticas como a escarificação ou subsolagem, assim como o uso de haste sulcadora na semeadora têm propiciado produtividades condizentes com o nível de investimento necessário. Isso se deve a melhorias no ambiente radicular, proporcionando maior aeração do solo, facilidade na drenagem, aprofundamento do sistema radicular e até mesmo maior favorecimento da nodulação, uma vez que a autocalagem é um processo natural de correção da acidez do solo resultante da redução do solo sob alagamento (Silva & Ranno, 2005).

Outro ponto importante se refere a processos de irrigação e drenagem, sendo que os solos de terras baixas têm, naturalmente, de baixa capacidade de armazenamento de água. O regime de chuvas no RS, na média, se mostra volumoso na primavera, particularmente nos meses de outubro e novembro, com as chuvas superando a evapotranspiração na maioria dos anos. Porém, nos meses de verão, a evapotranspiração tende a superar o volume de precipitação. Com isso, o sistema sulco-camalhão, descrito por Campos et al. (2021), permite que culturas de sequeiro sejam cultivadas em terras baixas com altos níveis de produtividade.



Embora a maior parte das pesquisas foque nas culturas de soja e milho, há registros de estudos envolvendo outras espécies em rotação dentro do esquema de rotação. Trabalhos como o de Theisen et al. (2017) destacam que sistemas mais diversificados, com rotação entre culturas, apresentam melhores indicadores ambientais e produtivos. No entanto, ainda há um número pouco expressivo de estudos explorando sistemas mais diversificados em áreas de terras baixas. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade de diferentes modelos de produção de cultivos agrícolas sobre aspectos produtivos e econômicos, visando maior diversificação dos sistemas de produção da metade sul do RS.

### Material e métodos

O estudo foi conduzido em uma Área Experimental da Universidade Federal do Pampa, localizado nas coordenadas geográficas 29° 47' 44,19" S, 55° 45' 47,71" O, com altitude de 100 metros, em topografia plana, no município de Alegrete, RS. O experimento teve início no terceiro decêndio do mês de maio de 2023, com encerramento no primeiro decêndio do mês de junho de 2024.

Foram implantados oito tratamentos, denominados modelos de produção (M) de cultivos agrícolas, sendo eles: M1: pousio de outono/inverno + soja (*Glycine max*) semeada em início de novembro; M2: aveia preta (*Avena strigosa*) + azevém (*Lolium multiflorum*) no outono/inverno + soja semeada em início de novembro; M3: mix de centeio (*Secale cereale*) + aveia preta + nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) + ervilhaca (*Vicia sativa*) no outono/inverno + soja semeada em início de novembro; M4: pousio de outono/inverno + milho (*Zea mays*) semeado em fim de agosto + soja semeada em sequência; M5: mix de centeio + aveia preta + nabo forrageiro + ervilhaca no outono/inverno + milho semeado em fim de agosto + soja semeada em sequência; M6: canola (*Brassica napus*) + milho semeado em sequência + soja semeada em sequência; M7: Trigo (*Triticum aestivum*) semeado em fim de maio + soja semeada em sequência ao trigo; M8: Trigo semeado em fim de junho + soja semeada em sequência.

O estudo foi conduzido em delineamento de blocos casualizados com 4 repetições. A instalação do experimento se deu no sistema sulco-camalhão,

construído conforme a metodologia de Campos et al. (2021). Em função da restrição hídrica ocorrida no final do mês de janeiro e início de fevereiro, foi necessário realizar um número de quatro irrigações. As irrigações foram realizadas por meio de politubos equipados com comportas plásticas, onde a água é conduzida por gravidade pelos sulcos (Campos et al., 2021), totalizando, em cada irrigação, um total de 25 mm. Dados meteorológicos, para estimativas de evapotranspiração potencial, foram obtidos através de INMET (2024).

A produtividade em grãos por hectare foi determinada por meio da colheita da área total de cada parcela (9,45 m<sup>2</sup>), seguida da debulha, pesagem e medição da umidade. A produtividade foi então corrigida para 13% de umidade. A produtividade de grãos obtida em cada estratégia foi transformada em Margem Bruta (R\$/ha), tendo como base o preço pago atualmente por cada produto, no mercado local, e fazendo a multiplicação direta.

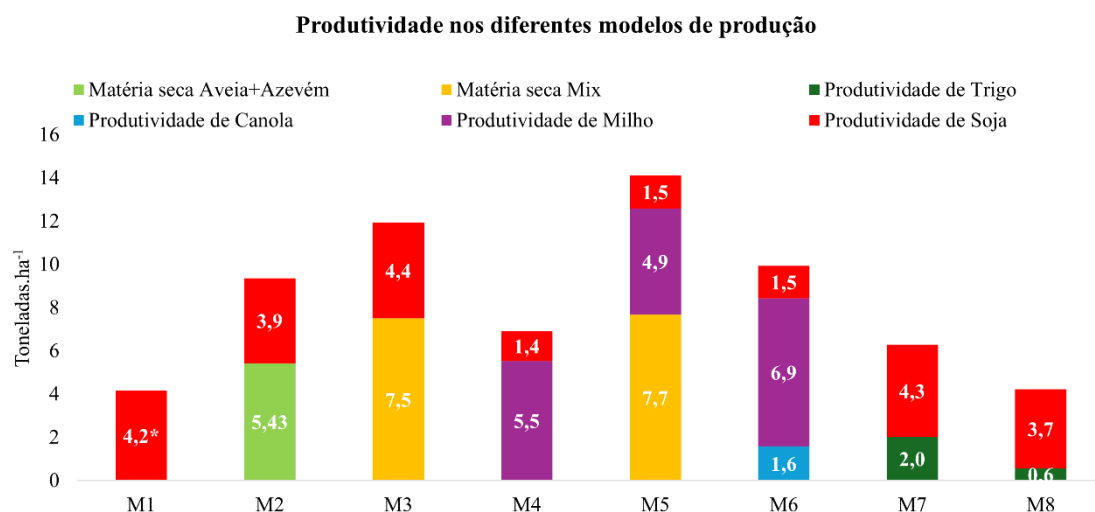
Os dados foram submetidos a análise de variância no software R e teste de comparação de médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro, por meio do pacote easyanova, dentro do software R.

## Resultados e discussão

Durante a condução do experimento houve períodos com chuvas de grande volume, assim como no inverno ocorreram temperaturas acima da média, caracterizando um período com condição meteorológica mais úmida e quente. Já entre o final de janeiro e o início de fevereiro houve um período de restrição hídrica, sendo esse o período em que se realizou as irrigações. O volume de precipitação, principalmente entre o inverno e a primavera, demandou realização frequente de operações de drenagem e assim como favoreceu o ambiente para o surgimento de doenças, principalmente no trigo, como a brusone (*Magnaporthe grisea*).

Com ambiente favorável, a severidade de brusone no trigo acarretou perdas de produtividade da cultura, em ambas as épocas de semeadura. No trigo do M8, as perdas foram maiores, tendo a produtividade alcançada sido de 0,6 t.ha<sup>-1</sup> (Figura 1). O impacto da brusone também repercutiu no trigo de M7, porém o pico de severidade da doença se deu em estágio reprodutivo mais avançado

da cultura, amenizando as perdas, permitindo que a cultura alcançasse produtividade em torno de 2 t.ha<sup>-1</sup>. O controle da brusone no trigo tem como uma das práticas mais efetivas, a escolha do material genético (Torres et al., 2022), o que poderia ter atenuado o problema.



**Figura 1.** Produtividade de massa seca das plantas de cobertura e do consórcio e produtividade de grãos dos demais cultivos.

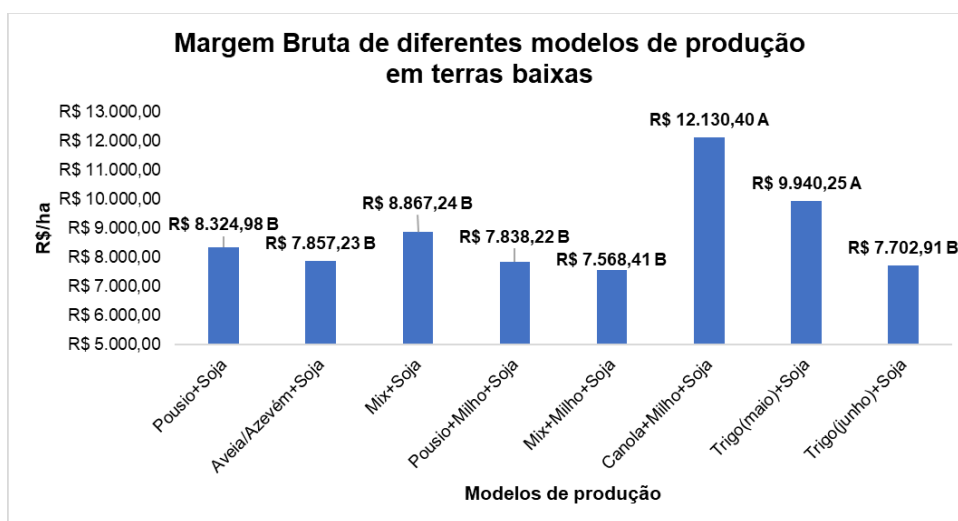
\*As médias não foram comparadas estatisticamente entre as produtividades obtidas nos diferentes modelos.

Em M1, a única fonte de renda é a soja que produziu em torno de 4,2 t.ha<sup>-1</sup> de grãos. Nesse modelo, ainda o mais comum na região, o produtor fica dependente do desempenho da soja, podendo não ter lucro. Em M2 e M3 foi obtida produtividade de massa seca, das culturas de cobertura e consórcio, que resultaram em palha para cobertura do solo, protegendo o mesmo contra erosão, ciclando nutrientes e reduzindo perdas de água por evaporação (Theissen et al., 2017). A média de produtividade de grãos de soja foi maior em M3 (4,4 t.ha<sup>-1</sup>) do que em M2 (3,9 t.ha<sup>-1</sup>), embora não tenham sido estatisticamente comparados. Considerando que o consórcio de plantas de cobertura utilizado em M3 teve aproximadamente 2 t.ha<sup>-1</sup> a mais de massa seca que o M2, podendo ser esse o motivo da potencial diferença entre os tratamentos, embora não tenha sido expressada estatisticamente.

Já nos modelos restantes há a produtividade econômica no inverno (M6, M7 e M8), assim como a renda obtida a partir da colheita do milho semeado em

sequência. Dentro do M6, o cultivo de milho (em sequência a canola) teve média de produtividade de  $6,9 \text{ t.ha}^{-1}$ , frente a  $4,9 \text{ t.ha}^{-1}$  e  $5,5 \text{ t.ha}^{-1}$  obtidas em M5 e M4, respectivamente. Porém, nesses mesmos modelos a média de produtividade da soja foi sempre inferior a  $2 \text{ t.ha}^{-1}$ . Em cinco situações a produtividade média da soja foi em torno de  $4 \text{ t.ha}^{-1}$ : quando semeada em sequência a qualquer uma das opções após trigo ou plantas de cobertura e até mesmo em sequência ao pousio.

A produtividade associada ao preço de cada produto no mercado, gerando assim a Margem Bruta (R\$/ha) de cada modelo, é apresentada na Figura 2. As maiores margens foram obtidas em M6 e M7, as quais não diferiram entre si e foram superiores aos demais, com R\$ 12.130,00 e R\$ 9.940,00. Importante observar que M6, que apresenta alto grau de diversificação, com três culturas de valor econômico, tenha apresentado esse desempenho, pois ali os benefícios da diversificação para o ambiente devem também ser maiores.



**Figura 2.** Margem Bruta (R\$/ha) obtida em cada um dos modelos de produção e diversificação de cultivos estudados.

\*médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

## Conclusões

Em um ano de experimentação, o modelo composto pela sequência de canola, milho e soja apresentou a maior margem bruta.

## Agradecimentos

Ao CNPq, FAPERGS, Fundação Agrisus e Programa PDA da Unipampa pela concessão de bolsas. A FAPERGS pela concessão de fomento. A Unipampa pela possibilidade de utilização de parte de sua área experimental.

## Referências

CAMPOS, A. S.; CENTENO, A.; ANDRES, A.; PARFITT, J. M. B.; MÉLLO-ARAUJO, L. B.; BUENO, M. V.; PINTO, M. A. B.; MARTINS, M. B.; VEBER, P. M.; SCIVITTARO, W. B. Utilização da Tecnologia Sulco-camalhão na Produção de Soja e Milho em Terras Baixas do Rio Grande do Sul. **DOCUMENTOS (EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. IMPRESSO)**, v. 1, p. 1-32, 2021.

CONAB. **Séries Históricas**. Disponível em: < <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/series-historicas>>. Acesso em: 09 de junho de 2025.

FLECK, A. G.; MARCHESAN, E.; SCHLOSSER, J. F.; OLIVEIRA, D. S.; PROCHNOW, M. H.; SOARES, C. F.; HERZOG, D. Soil deep tillage performed before soybean cultivation on the rice cultivation in the following Harvest. **Ciência Rural**, v.53, n.1, p. e20210621, 2023.

GIACOMELI, R.; MARCHESAN, E.; SARTORI, G. M. S.; DONATO, G.; SILVA, P. R. F.; KAISER, D. R.; ARAMBURU, B. B. Escarificação do solo e sulcadores em semeadora para cultivo de milho em Planossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.3, p.261-270, 2016.

HENRY, C. G.; SARZI SARTORI, G. M.; GASPAR, J. P.; MARCHESAN, E.; HIRSH, S. M.; HORTON, A. P.; ESPINOZA, L.; JAMES, H. Deep Tillage and Gypsum Amendments on Fully, Deficit Irrigated, and Dryland Soybean. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 2, p. 737-748, 2018.

MARCHESAN, E.; TONETTO, F.; TELÓ, G. M.; COELHO, L. L.; ARAMBURU, B. B.; TRIVISOL, V. S. Soil management and application of agricultural gypsum in a Planosol for soybean cultivation. **Ciência Rural**, v.47: 11, e20161102, 2017.

SILVA, L. S.; RANNO, S. K. Calagem em solos de várzea e a disponibilidade de nutrientes na solução do solo após o alagamento. **Ciência Rural**, v35, n.5, p.1054-1061, 2005.

## **Agricultura de precisão na cultura da soja: proposta para aprimoramento das indicações técnicas**

Vinícius dos Santos Cunha<sup>(1\*)</sup>, João Leonardo Fernandes Pires<sup>(2)</sup>, Alvadi Balbinot Júnior<sup>(2)</sup>, Christian Bredemeier<sup>(3)</sup>, André Luis Vian<sup>(3)</sup> e Alfran Tellechea Martini<sup>(4)</sup>

(1) Professor do Magistério Superior, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, RS. (2) Pesquisador Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. (3) Professor do Magistério Superior, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. (4) Professor do Magistério Superior, Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, RS. (\*) [viniciuscunha@unipampa.edu.br](mailto:viniciuscunha@unipampa.edu.br)

**Resumo** – A Agricultura de Precisão (AP) é uma realidade no Brasil, que vem ganhando escala de utilização em função dos resultados alcançados. Além disso, novas tecnologias digitais têm facilitado e impulsionado o uso da AP. Entretanto, essas abordagens de manejo, fundamentadas em AP, não tem sido considerada nas Indicações Técnicas da Cultura da Soja. O objetivo desse trabalho foi reunir resultados de pesquisa realizados em AP, especialmente no Sul do Brasil, que subsidiem a indicação de tecnologias capazes de aprimorar os sistemas de produção de soja. Foi possível identificar as seguintes abordagens/tecnologias com potencial para uso em soja: mapeamento da variabilidade da produtividade; mapeamento da variabilidade de características de solo; conservação do solo de precisão; sensoriamento remoto da vegetação; aplicação de sementes e insumos em taxa variável; desligamento de linhas de semeadura (desligamento linha a linha); controle de plantas daninhas; controle de insetos praga; controle de doenças; uso de RPAs (Drones) para controle fitossanitário; experimentação *on-farm*; e plataformas para auxílio à tomada de decisões. Cada abordagem/tecnologia deve ser utilizada com base em critérios e parâmetros técnicos específicos para que o custo/benefício seja maximizado.

**Termos para indexação:** *Glycine max* (L.) Merrill, agricultura digital, variabilidade espacial e temporal.

## **Precision agriculture in soybean: proposal for improving technical indications**

**Abstract** - Precision Agriculture (PA) and Digital Agriculture are a reality in Brazil. However, this management approach, with its tools and practices, has not been considered in the Technical Indications for soybean crop. The objective of this work was to compile research studies carried out in PA, especially in Southern Brazil, to support the indication of technologies capable of improving soybean production systems. It was possible to identify the following approaches/technologies with potential for use in soybeans: mapping of productivity variability; mapping of soil characteristic variability; precision conservation; remote sensing of vegetation; variable rate application of seeds and inputs; shutdown of sowing lines (line-by-line shutdown); weed control; insect

pest control; disease control; use of RPAs (Drones) for phytosanitary control; on-farm experimentation; and decision support platforms. Each approach/technology should be used based on specific technical criteria and parameters so that the cost/benefit is maximized.

**Index terms:** *Glycine max* (L.) Merrill, digital agriculture, variability.

## Introdução

O termo Agricultura de Precisão (AP) tem sua utilização iniciada há cerca de 35 anos, embora o embasamento do seu conceito venha de ciências e dados ainda mais antigos (Molin et al., 2015). De acordo com a *International Society of Precision Agriculture* (ISPA), a Agricultura de Precisão é “uma estratégia de gestão que reúne, processa e analisa dados temporais, espaciais e individuais de plantas e animais e os combina com outras informações para apoiar as decisões de gestão de acordo com a variabilidade estimada para melhorar a eficiência no uso de recursos, produtividade, qualidade, rentabilidade e sustentabilidade da produção agropecuária” (Inamasu et al., 2024).

O conceito caracteriza sua amplitude multidisciplinar, demandante da aplicação de conhecimentos agronômicos sólidos em interação com tecnologias que permitam a aplicação espacializada desse conhecimento (Queiroz et al., 2022). Diversos estudos e textos abordaram tópicos relacionados com o tema AP, versando sobre sua viabilidade técnica e econômica, em diversos sistemas de produção (Santi et al., 2016, Bassoi et al., 2024). Em áreas comerciais de produção, nem todas as abordagens ou tecnologias, que compõem o conceito são aplicadas. Porém, parte dessas é ou foi utilizado, mas não necessariamente obtendo resposta positiva. Isso acaba gerando insegurança a respeito da sua aplicação naqueles que tem praticado ou praticaram AP e até mesmo naqueles que ainda não iniciaram esse sistema de manejo. Nesse caso, a pergunta que pode ser feita, no início, seria: por onde começar?

O objetivo deste texto é apresentar as técnicas e/ou tecnologias da AP consolidadas, baseadas em conhecimento científico, com potencial para uso no sistema de produção da cultura da soja.

## **1 - Mapeamento da variabilidade da produtividade**

Idealmente, toda a colhedora equipada com tecnologia capaz de mapear a produtividade da soja deveria estar em pleno uso para funcionar como o norteador inicial da AP (Molin et al., 2015). De forma resumida, o mapeamento da produtividade serve para demarcar as áreas em que a produtividade está acima ou abaixo da média e caracterizar a variabilidade espacial desta variável. O pleno uso da tecnologia permite também obter séries temporais de dados de produtividade (Maestrini & Basso, 2018).

O problema reside na parte operacional envolvida na obtenção dos dados. A calibração/regulagem do sistema de mapeamento deve ser frequente, para que um dado de qualidade possa ser obtido (Molin et al., 2015). A calibração, preferencialmente, deve ser refeita, minimamente, ao se trocar de talhão ou mesmo ao se trocar de cultivar. A limpeza do sistema sensor também deve ser realizada periodicamente, seja gravimétrico ou por fecho de luz. Essa calibração contínua e o cuidado com o sistema pode ser considerado como um dos entraves para o aumento da taxa de adoção do mapeamento da produtividade, já que a colheita tende a ser uma das atividades mais atribuladas do ciclo da soja. Além disso, muitas áreas são colhidas com várias máquinas que atuam simultaneamente, o que demanda um adequado processamento para que os dados de produtividade possam ser posteriormente utilizados em conjunto para a confecção dos mapas de colheita.

Apesar da baixa taxa de adoção, o mapeamento da produtividade é, talvez, o método mais fiel para expressar a variabilidade relacionada à planta (Horbe et al., 2013; Amaral et al., 2024). Por meio desse parâmetro, é possível quantificar a variabilidade produtiva e, com base nisso, concluir se a variabilidade existente merece ser tratada de forma diferenciada ou espacializada. Ainda, o mapeamento da produtividade tem sido utilizado na criação de zonas de produtividade (baixa, média e alta, normalmente) para subsidiar o uso, por exemplo, de taxas variadas de sementes, como é o caso do trabalho de Corassa et al. (2018b). Além disso, sementes de soja produzidas em zonas de baixo, médio e alto potencial produtivo apresentam diferentes qualidades, ou seja, sementes colhidas nas zonas de alto e de médio potencial possuem maior



qualidade, definida pelo vigor e teste do tetrazólio, entre outros. (B. Rohrig, dados não publicados).

## **2 – Mapeamento da variabilidade de características do solo**

A amostragem de solo para monitoramento de atributos químicos (pH, M.O., P, K, etc.) e físicos (argila, silte e areia) do solo e a aplicação de fertilizantes e corretivos em taxa variável é, talvez, a forma mais conhecida da aplicação de princípios da AP, sendo que a técnica faz parte de sua história e cotidiano (Molin et al., 2015; Santi et al., 2016; Bassoi et al., 2024). Uma das limitações relacionadas a essa forma de monitoramento da variabilidade espacial está relacionada ao número de amostras coletadas (tamanho da grade amostral), quando da escolha por coleta de solo em grade seguida de interpolação. A qualidade do mapa a ser gerado tem estreita relação com a densidade amostral (Cherubin et al., 2015), já que o processo de interpolação é sensível a isso.

A densidade amostral é o ponto crucial e precisa passar por um processo de tomada de decisão criterioso e que pode culminar na utilização de outra técnica, que é a amostragem por células (Valente et al., 2024). Nesse caso, inexistente o processo de interpolação, já que a amostragem é feita dentro de células, com tamanho previamente definido. Nesse caso, as amostras retiradas dentro de uma célula são consideradas como subamostras que são utilizadas para compor uma amostra única a ser enviada ao laboratório e que, assim, irá representar toda a área da célula.

As técnicas acima citadas têm sua utilização preconizada quando não há conhecimento prévio da área ou quando esse conhecimento é limitado. Porém, em situações em que há um conhecimento prévio da área, uma outra forma de fazer o monitoramento é por meio de zonas de manejo (Valente et al., 2024). O termo “zonas de manejo” pode ser também representado por “unidades de gestão diferenciada” (UGD). Nesse caso, zonas homogêneas dentro de si e heterogêneas entre si são geradas por meio de propriedades relacionadas ao solo e a planta. Nesse caso, informações estáveis relacionadas ao solo (por exemplo condutividade elétrica, textura, M.O., topografia), em conjunto com coleções de mapas de produtividade e índices de vegetação, tem condições de

gerar informações sólidas a respeito das zonas de manejo/UGDs. A utilização de forma isolada dessas propriedades do solo pode levar a obtenção de zonas não homogêneas.

Por meio da AP é possível realizar o sensoriamento de propriedades físicas do solo, com maior ou menor estabilidade temporal, como a textura e a compactação, respectivamente. Nesse caso, tanto a medição da condutividade elétrica aparente do solo como da resistência do solo à penetração tem a possibilidade de contribuir efetivamente no estudo da variabilidade espacial, quando essa estiver presente (Bottega et al., 2023).

A condutividade elétrica aparente do solo mede a resistividade que o solo oferece a um fluxo de corrente elétrica. A medição pode ser feita por contato ou indução eletromagnética, captando a corrente que retorna. Em condições ideais de medição (solo friável), a condutividade elétrica apresenta uma relação positiva com o teor de argila do solo (Molin & Faulin, 2013), sendo uma forma indireta de gerar informação geoespacializada a respeito dessa propriedade do solo. Sendo a textura uma propriedade estável temporalmente, se obtém uma informação importante para a geração de zonas de manejo (Bottega et al., 2023).

A penetrometria é a técnica que mede a resistência oferecida pelo solo à penetração radicular. A técnica não mede a densidade do solo, embora tenha relação com essa variável (Pias et al., 2018). Muitas vezes, a causa da perda de produtividade está relacionada à resistência do solo à penetração e o estudo da espacialização dessa variável pode orientar ações localizadas quando houver variabilidade da mesma (Pias et al., 2018). Os penetrômetros são a principal ferramenta para medir a resistência mecânica do solo e podem ser usados para detectar camadas compactadas ou para estimar a resistência do solo ao crescimento das raízes. Todavia, é necessário enfatizar que a umidade do solo e o tipo de equipamento utilizado interfere drasticamente nos valores de resistência à penetração obtidos, sendo necessários critérios na interpretação dos resultados (Lima et al., 2025).

Ambas as variáveis acima mencionadas podem ser obtidas por equipamentos embarcados em diferentes plataformas (trator, quadriciclo, camionete, entre outros), sendo que os equipamentos que fazem a medição

estão disponíveis tanto para aquisição pelo produtor como pela contratação de serviço especializado.

A altimetria é um parâmetro fundamental para ser utilizado e que pode ser obtido tanto pela topografia clássica como por sensoriamento remoto. A segunda opção é a mais acessível, já que ela está disponível sem custo de obtenção. Ainda, máquinas equipadas com tecnologia de RTK podem também obter a altimetria do terreno ao trafegar pela área (Molin et al., 2015).

### **3 - Conservação do solo de precisão**

A utilização de imagens aéreas obtidas por Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT ou DRONE), auxiliam no mapeamento e na identificação de pontos críticos de erosão ou de falta de vegetação, auxiliando na tomada de decisão para minimizar o problema. É preciso associar a essa caracterização uma avaliação *in loco* para identificar as causas do processo erosivo e as formas para sanar ou minimizar a erosão. Uma possibilidade é a alocação de terraços e a adoção de práticas de manejo do solo para incremento da taxa de infiltração de água no solo, associado ao uso de plantas com potencial de recuperação da estrutura do solo (Franchini et al., 2018). Em trabalho realizado por Santos et al. (2024), ficou evidente que a utilização de imagens aéreas e de softwares de processamento e planejamento são contribuições importantes da agricultura digital para o aprimoramento do processo de alocação e avaliação dos sistemas de terraceamento. A possibilidade de locação auxiliada por tecnologias da agricultura de precisão, como RTK e piloto automático, pode tornar o processo mais assertivo e de mais fácil implementação.

### **4 - Sensoriamento remoto da vegetação**

O conceito do sensoriamento remoto se refere a obtenção de dados a partir de um alvo sem o contato físico com o mesmo (Jensen, 2007). O conceito, por si só, é também amplo, assim como suas aplicações, que não se limitam à agricultura. Por isso, a obtenção de dados da vegetação é apenas uma das formas de sensoriamento e, neste caso, amplamente utilizada como fonte de dados para a AP (Farias et al., 2023).

De modo geral, dados obtidos por sensoriamento remoto, sejam eles orbitais (satélite) ou por drones, são transformados em índices de vegetação que se relacionam com a quantidade de biomassa e o estado nutricional das culturas (Farias et al., 2023). É uma ferramenta muito útil e que pode ou não ter uma relação adequada com a produtividade (Amaral et al., 2024). Portanto, é uma informação válida, mas que não substitui o dado obtido pelo mapeamento da produtividade. Em contrapartida, essa é, hoje, uma informação acessível, tanto pelo baixo custo como pela facilidade de obtenção (Villar et al., 2020).

O sensoriamento remoto é útil também no monitoramento das condições da lavoura ao longo do ciclo (Schwalbert et al., 2016). O aumento da resolução espacial e temporal dos satélites e o avanço dos algoritmos de processamento tem permitido o acesso semanal a essa informação, propiciando tomadas de decisão geoespacializadas ao longo do ciclo quanto à necessidade de alguma intervenção, como adubação ou controle fitossanitário localizados.

Franchini et al. (2018) demonstram uma série de aplicações do uso de sensoriamento remoto na cultura da soja. Dentre elas, por meio do uso de índices de vegetação, é possível realizar a avaliação da resposta da soja à qualidade do solo, identificação de áreas com erosão em microbacias ou em propriedades, visualização de falhas de estande da soja, estimativa de danos à soja ocasionados por nematoides, avaliação do estado nutricional da soja em função fertilidade do solo, entre outros. Também, Crusiol et al. (2024) apresentam um conjunto de aplicações e análises sobre o uso do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na cultura da soja.

## **5 - Aplicação de sementes e insumos em taxa variável**

A implantação das práticas/tecnologias anteriormente mencionadas é possível, na massiva maioria das situações, quando da utilização de máquinas equipadas com Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS). Além de embarcar essa tecnologia nas máquinas, é importante o entendimento a respeito da forma como o posicionamento é feito no campo, pois esse afeta a qualidade das operações (Molin et al, 2015; Santi et al., 2016).

Além do GNSS em si, é necessário a aquisição de algum tipo de correção diferencial da posição para manter o espaçamento correto entre as passadas, que pode ser obtida via satélite ou por estação base própria (Sistema RTK) (Molin et al., 2015), por meio de um ponto base previamente georreferenciado. Ambas as técnicas, geralmente, apresentam o mesmo desempenho na “horizontal”, mas diferem quanto ao posicionamento “vertical”. Com base nisso, a escolha por uma ou outra metodologia deverá ser feita. A presença dessa tecnologia nas máquinas permite também a implementação de projetos de controle de tráfego de máquinas, que ajudam a confinar e reduzir a compactação do solo (Girardello et al., 2014).

Com isso, a qualidade da distribuição dos insumos tende a ser uniformizada, reduzindo a chance de criação “antrópica” de variabilidade. Para garantir isso, é necessário ainda a correta calibração/regulagem dos equipamentos de aplicação. Grande parte das atividades relacionadas a AP estão relacionadas à aplicação de calcário, gesso, potássio e fósforo em taxa variada, aplicados a lanço ou na linha de cultivo. Tanto a faixa/largura de aplicação, particularmente nas aplicações a lanço, devem ser definidas com base em cada insumo a ser utilizado, buscando a mínima variação (Molin et al., 2015). Da mesma forma, aplicação na linha de cultivo também deve visar a minimização das taxas aplicadas por cada linha.

Vários equipamentos comerciais dotados de mecanismos e sensores específicos permitem a variação na quantidade de sementes e de adubo, de acordo com a necessidade de variação de sementes e adubos para minimização da variabilidade, economia de insumos e melhor desempenho produtivo de cada área. Áreas com maior potencial produtivo (histórico) indicam menor necessidade de sementes de soja do que áreas com menor potencial produtivo (Corassa et al., 2018b). No caso de adubação, a variação de dose deve ser feita com base na análise de solo de cada área, com espacialização de resultados e busca por minimização da variabilidade, por meio de mapas de prescrição de adubação (mapas de aplicação em taxa variável).

## **6 - Desligamento de linhas de semeadura (desligamento linha a linha)**

Áreas com semeadura dupla no final das linhas podem ocorrer em lavouras de soja, gerando perdas econômicas (gasto de sementes desnecessário) e produtivas (limitações no rendimento de grãos por excesso de população de plantas). Esses problemas podem ser reduzidos por meio do uso de semeadoras dotadas de controle automático de seções ou mesmo linha a linha. Em estudo abrangente realizado por Corassa et al. (2018a), ficou evidente que a soja é pouco sensível a semeadura dupla (perdas no rendimento de grãos), mas que o benefício principal é a redução do uso de sementes, com impactos potenciais positivos na redução dos custos de produção.

## **7 - Controle de plantas daninhas**

Equipamentos dotados de sensores, tais como WeedSeeker, Weed-It, Save Farm e Eco Spray estão disponíveis comercialmente e podem fazer a aplicação localizada de herbicidas no processo de dessecação. Tecnologias como essa podem reduzir custos de produção e impacto ambiental, além de minimizar perdas de rendimento de grãos pela competição interespecífica com a soja. O reconhecimento das plantas daninhas se dá por meio do sensoriamento remoto, da fluorescência da clorofila e do reconhecimento das plantas por meio de inteligência artificial (IA). É possível fazer a detecção da variabilidade das plantas daninhas nas áreas agrícolas por meio de satélites e de VANTs, com a geração de mapas de aplicação e uso de aeronaves remotamente tripuladas (RPAs) para aplicação específica de herbicidas, especialmente na dessecação.

No caso de controle de plantas daninhas no interior da cultura, ainda são observadas limitações para aplicação em soja. A prática está em desenvolvimento (Sulzbach et al., 2024), com perspectivas que possibilitem a identificação da espécie de planta daninha, com a aplicação específica (local e produto indicado) para cada espécie. A evolução no uso de câmeras e sistemas de IA, deve permitir, em breve, a utilização comercial dessa tecnologia de forma mais ampla.

## **8 - Controle de doenças**

Tecnologias de AP permitem o monitoramento da severidade de doenças em soja. O mapeamento de áreas por meio de índices de vegetação permite diferenciar níveis de doença, mas, até o momento, não é possível a identificação de doenças específicas e a correlação com o rendimento de grãos apresenta limitações. Por exemplo, em experimento conduzido na Embrapa Soja, com 22 fungicidas, foi possível visualizar e correlacionar o índice MPRI no estágio R5.5 com a severidade de ferrugem asiática, a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e o rendimento de grãos. Isso indica a possibilidade de estimar a severidade e o nível de dano da doença via índice MPRI, sendo uma ferramenta importante na experimentação, tendo potencial de redução da necessidade de avaliações visuais e subjetivas quanto à severidade da doença (Franchini et al., 2018). Entretanto, isso ocorreu somente em estádios avançados da cultura (após o início do enchimento de grãos).

Trabalhos recentes demonstram que o controle químico da ferrugem da soja com fungicidas por meio do uso de VANTs são tão eficientes quanto pulverizadores montados em tratores, mas com a necessidade de maior aderência aos critérios técnicos que afetam a aplicação (Soares et al., 2025).

## **9 - Uso de VANTs (Drones) para controle fitossanitário**

A tecnologia de aplicação de insumos agrícolas com o uso de RPAs está com o mercado em constante crescimento, destacando-se como uma ferramenta promissora para diversos setores de produção. Essa crescente tem sido motivada pela busca na otimização dos recursos e pela possibilidade de serem realizadas operações em áreas de difícil acesso para pulverizadores terrestres e aeronaves agrícolas tripuladas. Contudo, apesar dos benefícios, ainda há necessidade de maior compreensão dos impactos da altura de aplicação e da velocidade de deslocamento, no que diz respeito a qualidade da pulverização (Martin et al., 2019; Richardson et al., 2020).

No âmbito da tecnologia de aplicação aérea, destaca-se a importância da determinação adequada das faixas de deposição, considerando fatores como o espectro de gotas geradas e a qualidade de sua distribuição. O estudo das faixas

de deposição é crucial para otimizar a eficiência operacional, reduzir custos e garantir a uniformidade na aplicação de insumos agrícolas (Antuniassi et al., 2021). Desta forma, é de suma importância entender o que a altura de aplicação e a velocidade de deslocamento podem provocar de alterações na deposição da esteira de gotas geradas e consequentemente, na faixa de aplicação e deposição no alvo pois, conforme discutido por Martin et al. (2019). A cobertura homogênea do alvo requer distribuição uniforme, caracterizada por coeficientes de variação inferiores a 25% nas áreas tratadas, particularmente para aplicações aéreas.

No entanto, o que tem se observado em muitas aplicações com RPAs é uma tendência na deposição de altas concentrações logo abaixo da linha de voo do drone, o que pode ser atribuído ao efeito *downwash*. Segundo Yang et al. (2019), esse efeito resulta do fluxo de ar descendente gerado pelos rotores e hélices do drone, criando um forte campo de fluxo de ar sobre a superfície. De acordo com Carvalho et al. (2021), o efeito *downwash* é frequentemente promovido em ações de divulgação da técnica de aplicação com helicópteros, devido ao seu suposto controle mais preciso da faixa de deposição e à redução da deriva. Porém, estes mesmos autores ressaltam que muitos desses argumentos ainda carecem de comprovação científica, uma vez que, conforme observado por Severo (2024), o fluxo de ar descendente das hélices dos drones resultou em elevadas concentrações do traçador azul brilhante logo abaixo da sua linha de voo, especialmente nas menores velocidades de deslocamento, resultando assim em um elevado coeficiente de variação (CV%) e uma distribuição heterogênea ao longo da faixa de deposição.

Ainda, segundo Severo (2024), ao avaliar o perfil tridimensional de distribuição das gotas, o autor destaca que os resultados evidenciam um problema possivelmente associado ao efeito *downwash*, o qual, pode levar tanto à superdosagem quanto à subdosagem do produto, impactando negativamente as culturas, principalmente ao serem realizadas aplicações em faixas (sem sobreposição de passadas), as quais, são comuns em pulverizações de parcelas experimentais ou áreas específicas de produção comercial que não sejam necessariamente a área de produção de grãos ou alimentos. Segundo Carvalho



et al. (2021), essas aplicações em faixa única apresentam grande variabilidade longitudinal e transversal na deposição, pois a área efetivamente tratada com o volume desejado é pequena em comparação à área total, comprometendo a qualidade da aplicação.

Estas observações relatadas sugerem que para assegurar aplicações uniformes, é essencial realizar a aplicação em faixas paralelas e sobreposição adequada das mesmas, para assim, evitar falhas. Uma suposta alternativa para reduzir a concentração logo abaixo do drone, é utilizar maiores alturas de voo durante a pulverização, permitindo assim que haja maior tempo de dispersão das gotas, desde a sua geração até o momento de atingirem o alvo (Antuniassi et al., 2021).

## **10 - Experimentação *on-farm***

A crescente utilização de máquinas e equipamentos georeferenciados dotados de sensores permite a realização de ensaios *on-farm* conjugados aos preceitos da agricultura de precisão na cultura da soja (Pires e Brandão, 2022; Franchi et al., 2024). A caracterização de zonas de manejo homogêneas permitem a alocação de tratamentos de forma a interagirem com áreas de diferentes potenciais de rendimento de grãos; mapas de prescrição com alocação de tratamentos contrastantes permitem a implementação de tratamentos com facilidade do ponto de vista operacional; o sensoriamento remoto permite o monitoramento do dossel e identificação de diferenças entre tratamentos; mapas de colheita permitem a comparação do rendimento de grãos entre tratamentos sem a necessidade de coleta de amostras.

Esses são alguns dos exemplos das facilidades da associação de abordagens/ferramentas de AP com a realização de ensaios *on-farm*. Dentre as oportunidades de temas/tratamentos para realização de ensaios *on-farm* em soja, Pires et al. (2022) citam: culturas antecessoras/rotação de culturas; densidade de semeadura/população de plantas; cultivares; microrganismos fixadores de nitrogênio, promotores do crescimento de plantas e agentes de controle biológico de doenças e pragas; tratamento de sementes (inseticida e fungicida); uso de produtos sintéticos promotores do rendimento de grãos (hormônios/estimulantes, fertilização foliar, entre outros); ajuste ou validação de

doses, formas, épocas de fornecimento de macro e micronutrientes e suas combinações; controle de pragas e doenças (produtos, estádios, monitoramento x calendário); diferentes sistemas de manejo do solo: tráfego de máquinas e mecanização, controle da compactação, plantas de cobertura e diversificação de espécies, adubação de sistema; avaliação/validação de novas tecnologias; e combinação das opções anteriores com o conceito de zonas de manejo, criteriosamente identificadas com o ferramental de AP.

## **11 - Plataformas para auxílio à tomada de decisões**

Por meio de empresas que fornecem serviços, máquinas, equipamentos ou insumos, algumas plataformas públicas ou privadas específicas para mapeamento e/ou auxílio a tomada de decisão estão disponíveis para uso na prática. Apesar da contribuição, algumas plataformas precisam de aprimoramento, especialmente no que se refere ao potencial do uso da informação gerada e, também, da lógica técnica aplicada para algumas situações específicas. Existem alguns exemplos de plataformas com grande alcance em termos de área e representatividade de agricultores, construídas por cooperativas agrícolas, permitindo interação direta com o produtor associado (benefícios práticos) e, também, a geração de grande volume de dados para a orientação de decisões estratégicas (Smartcoop, 2025). Outro exemplo é a plataforma sobre o Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos (ZARC, 2025), que permite a tomada de decisão sobre época de semeadura de soja, por município, além de disponibilizar outras informações relevantes para decisão.

## **Conclusões**

As abordagens e tecnologias que fazem parte da AP estão em evolução constante. Assim, é fundamental que cada estratégia/tecnologia seja avaliada quanto ao seu nível de desenvolvimento, não havendo uma receita única aplicável para todas as situações. Em nível de lavoura é preciso considerar a adoção das tecnologias de acordo com a realidade de cada propriedade e do sistema de produção utilizado. Somente dessa forma será possível aumentar o impacto positivo e consolidar a AP como parceira importante da soja no Brasil (Vian et al., 2022).

## Referências

- AMARAL, L. R.; OLDONI, H.; BAPTISTA, G. M. M.; FERREIRA, G. H. S.; FREITAS, R. G.; MARTINS, CENNEYA L.; CUNHA, I. A.; SANTOS, A. F. Remote sensing imagery to predict soybean yield: a case study of vegetation indices contribution. **Precision Agriculture**, v. Online, p. 1, 2024.
- ANTUNIASSI, U. R. *et al.* **Entendendo a tecnologia de aplicação**. 2. ed. Botucatu: FEPAF, 2021. 64 p.
- BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. C.; VAZ, Carlos M. P.; PIRES, J. L. F.; GEBLER, L.; Jorge, L. A. C.; INAMASU, R. Y. **Agricultura de Precisão: Um Novo Olhar na Era Digital**. 1. ed. São Carlos: Cubo, 2024.
- BOTTEGA, E. L.; MARIN, C. K.; OLIVEIRA, Z. B.; LAMB, C. C.; AMADO, T. J. C. Soil density characterization in management zones based on apparent soil electrical conductivity in two field systems: rain-feed and center-pivot irrigation. **Agriengineering**, v. 5, p. 460-472, 2023.
- CARVALHO, F.; CHECHETTO, R.; MOTA, A. & ANTUNIASSI, U. R. **Entendendo a tecnologia de aplicação: aviões, helicópteros e drones de pulverização**. 1. ed. Botucatu: FEPAF, 2021. 88 p.
- CHERUBIN, M.R.; SANTI, A. L.; EITELWEIN, M. T.; AMADO, T. J. C.; SIMON, D. H.; DAMIAN, J.M. Dimensão da malha amostral para caracterização da variabilidade espacial de fósforo e potássio em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira (Online)**, v. 50, p. 168-177, 2015.
- CORASSA, G. M.; AMADO, T. J. C.; LISKA, T.; SHARDA, A.; FULTON, J.; CIAMPITTI, I. A. Planter technology to reduce double-planted area and improve corn and soybean yields. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 1, p. 300-310, 2018a.
- CORASSA, G. M.; AMADO, T. J. C.; STRIEDER, M. L.; SCHWALBERT, R. A.; PIRES, J. L. F.; CARTER, P.; CIAMPITTI, I. A. Optimum soybean seeding rates by yield environment in Southern Brazil. **Agronomy Journal**, v. 110, p. 2430-2438, 2018b.
- CRUSIOL, L. G. T.; SIBALDELLI, R. N. R.; FARIAS, J. R. B. de.; NANNI, M. R.; FURLANETTO, R. H.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de.; NEPOMUCENO, A. L.; FLAUSINO, A. M.; REIS, A. S.; SILVA, B. M. da; CASTRO, C. de.; GODOY, C. V.; MINATO, E. A.; CEZAR, E.; OLIVEIRA, F. A. de.; SANTOS, G. L. A. A. dos.; GONÇALVES, J. V. F.; FOLONI, J. S. S.; FAZAM, J. C.; FRANCHINI, J. C.; OLIVEIRA, K. M. de.; MORAES, L. A. C.; MERTZ-HENNING, L. M.; BATISTA, M. A.; NEUMAIER, N.; FALCIONI, R.; ROGGIA, S.; GONÇALVES, S. L. 50 anos do NDVI: desmistificando o índice e ponderando sua utilização para o monitoramento da soja na era digital. Londrina: Embrapa Soja, 2024. (Embrapa Soja. Documentos 463) 83 p.
- FARIAS, G. D.; BREMM, C.; BREDEMEIER, C.; MENEZES, J. L.; ALVES, L. A.; TIECHER, T.; MARTINS, A. P.; FIORAVANÇO, G. P.; DA SILVA, G. P.; CARVALHO, P. C. F. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for soybean biomass and nutrient uptake estimation in response to production

systems and fertilization strategies. **Frontiers In Sustainable Food Systems**, v. 6, p. 1-12, 2023.

FRANCHI, N. R. A.; CYRINEU, I. M.; TAIRA, F. K.; HUNHOFF, L.; GIMENEZ, L. M. Um estudo de caso sobre experimentação on farm para avaliação de populações de plantas de soja com uso dos recursos disponíveis na fazenda. In: X Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão e Digital. Ribeirão Preto, Anais... Ribeirão Preto: Associação Brasileira de Agricultura de Precisão e Digital 2024. P.50-57. Disponível em: <[https://asbraap.org/conbap/files/conbap\\_anais\\_final2.pdf](https://asbraap.org/conbap/files/conbap_anais_final2.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2025.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; JORGE, L. A. C.; DEBIASI, H.; Dias, W.P.; GODOY, C. V.; OLIVEIRA JUNIOR, A.; CORREA, F. B.; OLIVEIRA, M.C.N. Uso de imagens aéreas obtidas com drones em sistemas de produção de soja. Londrina: Embrapa Soja, 2018 (Documento Técnico).

GIRARDELLO, V. C.; AMADO, T. J. C.; MISIEWICZ, P.; SMITH, E. Tráfego controlado de máquinas agrícolas: a experiência inglesa e perspectivas de adoção no Sul do Brasil. **Revista Plantio Direto**, v. 137, p. 42-50, 2014.

HORBE, T. A. N.; AMADO, T. J. C.; FERREIRA, A. O.; Alba, P. J. Optimization of corn plant population according to management zones in Southern Brazil. **Precision Agriculture**, v. 14, p. 450-465, 2013.

INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. de C.; VAZ, C. M. P.; PIRES, J. L. F.; GEBLER, L.; JORGE, L. A. de C.; BASSOI, L. H. Agricultura de precisão: perspectiva histórica e de constant transformação. In: BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. de C.; VAZ, C. M. P.; PIRES, J. L. F.; GEBLER, L.; JORGE, L. A. de C.; INAMASU, R. Y. (Eds.) **Agricultura de precisão: um novo olhar na era digital**. São Carlos: Cubo Multimídia, 2024. P. xi-xxvi.

JENSEN, J. R. **Remote sensing of the environment: an Earth resource perspective**. 2. ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2007.

MAESTRINI, B.; BASSO, B. Predicting spatial patterns of within-field crop yield variability. **Field Crops Research**, v. 219, p.106-112, 2018.

MARTIN, D. E.; WOLDT, W. E. & LATHEEF, M. A. Effect of application height and ground speed on spray pattern and droplet spectra from remotely piloted aerial application systems. **Drones**, v. 3, n. 4, p. 83, 4 dez. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/drones3040083>.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLACO, A. F. **Agricultura de precisão**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 238 p.

MOLIN, J. P.; FAULIN, G. D. C. Spatial and temporal variability of soil electrical conductivity related to soil moisture. **Scientia Agrícola**, v. 70, p. 1-5, 2013.

PIAS, O. H. DE C.; CHERUBIN, M. R.; BASSO, CLAUDIR J.; SANTI, A. L. MOLIN, J. P.; BAYER, C. Soil penetration resistance mapping quality: effect of the number of subsamples. **Acta Scientiarum-Agronomy**, v. 40, p. 1-11, 2018.

PIRES, J. L. F.; BRANDÃO, Z. N. **Experimentação on-farm na agricultura de precisão**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2022. 154 p.

PIRES, J. L. F.; REZENDE, A. V. de; BRANDÃO, Z. N. Indicações metodológicas para a realização de ensaios on-farm no âmbito da Agricultura de Precisão. In: PIRES, J. L. F.; BRANDÃO, Z. N. **Experimentação on-farm na agricultura de precisão**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2022. P. 130-154.

QUEIROZ, D. M.; VALENTE, DOMINGOS S. M.; PINTO, F. A. C.; BOREM, A. **Agricultura Digital**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2022. v. 1. 223 p.

RICHARDSON, B.; ROLANDO, C. A. & KIMBERLEY, M. O. Quantifying spray deposition from a UAV configured for spot spray applications to individual plants. **Transactions of the ASABE**, v. 63, n. 4, p. 1049-1058, 2020.  
Disponível em: <https://doi.org/10.13031/trans.13724>.

SANTI, A. L.; SEBEM, E.; GIOTTO, E.; AMADO, T. J. C. **Agricultura de Precisão no Rio Grande do Sul**. 01. ed. Santa Maria/RS: Triunfal Gráfica e Editora, 2016. v. 1000. 309 p.

SANTOS, J. C. F. dos; SANTOS, E. L. dos; DEBIASI, H.; FURLANETTO, R. H.; SARTORI, A.; CARRASHI, T. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Planejamento e avaliação de sistemas de terraceamento utilizando imagens aéreas e ferramentas digitais. In: BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. de C.; VAZ, C. M. P.; PIRES, J. L. F.; GEBLER, L.; JORGE, L. A. de C.; INAMASU, R. Y. (Eds.) **Agricultura de precisão: um novo olhar na era digital**. São Carlos: Cubo Multimídia, 2024. P. 159-165.

SCHWALBERT, R.; CORASSA, G. M.; AMADO, TELMO J. C. Definição de zonas de manejo utilizando "multi-layers" e sensores "on-the-go": Definições e usos. In: SANTI, A. L.; SEBEM, E.; GIOTTO, E.; AMADO, T. J. C. (Org.). **Agricultura de Precisão no Rio Grande do Sul**. 1ed.: 2016, v. 1, p. 233-250.

SEVERO, E. M. **Faixa de Aplicação de Drone de Pulverização Utilizando Diferentes Diâmetros de Gotas e Velocidades de Operação**. 2024. 48f.  
Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul, Cachoeira do Sul, 2024.

SMARTCOOP. 2025. Disponível em: <<https://cotrisoja.com.br/smartcoop/>>.  
Acesso em: 12 jun. 2025.

SOARES, R. M.; ADEGAS, F. S.; ROGGIA, S. Drone spraying of fungicides to control asian soybean rust. **Journal of Agricultural Sciences Research**, v. 5, n. 1, p. 1-18, 2025.

SULZBACH, E.; SCHEEREN, I.; BARBOSA, I.; MEROTTO JR, A.; MARKUS, C. Avaliação do desempenho de modelo *deep learning* para o reconhecimento de plantas daninhas na cultura da soja e do milho. In: X Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão e Digital. Ribeirão Preto, Anais... Ribeirão Preto. Associação Brasileira de Agricultura de Precisão e Digital 2024. P.169-177.  
Disponível em: <[https://asbraap.org/conbap/files/conbap\\_anais\\_final2.pdf](https://asbraap.org/conbap/files/conbap_anais_final2.pdf)>.  
Acesso em: 12 jun. 2025.

VALENTE, D. S. M.; PEREIRA, G. E.; QUEIROZ, D. M.; ZANDONADI, R. S.; AMARAL, L. R.; BOTTEGA, E. L.; COSTA, M. M.; COELHO, A. L. F.; GRIFT, T. Accuracy of various sampling techniques for Precision Agriculture: A case study in Brazil. **Agriculture**, v. 14, p. 2198, 2024.

VIAN, A. L.; BREDEMEIER, C.; PIRES, J. L. F.; CORASSA, G. M.; VANIN, J. P. Aplicações da agricultura de precisão na cultura da soja. In: MARTIN, T. N.; PIRES, J. L. F.; VEY, R. T. (Orgs.) **Tecnologias aplicadas para o manejo rentável e eficiente da cultura da soja**. Santa Maria: Editora GR, 2022. p 275-296.

VILLAR, F. M. M.; ROSAS, J. T. F.; PINTO, F. A. C. Imagens e sensoriamento remoto aplicado à gestão agrícola. In: QUEIROZ, D. M.; VALENTE, D. S. M.; PINTO, F. de A. de C.; BORÉM, A. (Org.). **Agricultura Digital**. 1ed. Viçosa: 2020, v. 1, p. 66-80.

YANG, S. H.; ZHENG, Y. J. & LIU, X. X. Research status and trends of downwash airflow of spray UAVs in agriculture. **International Journal of Precision Agricultural Aviation**, v. 2, n. 1, p. 1-8, 2019.

ZARC - Zoneamento Agrícola de Risco Climático. Aplicativo Zarc - Plantio Certo. MAPA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/6516/aplicativo-zarc---plantio-certo> Acesso em: 12 jun. 2025.

## **Distribuição de plantas na cultura da soja: 25 anos de contribuições científicas**

Thomas Newton Martin<sup>(1\*)</sup>, Vinicius dos Santos Cunha<sup>(2)</sup>, Glauber Monçon Fipke<sup>(2)</sup>, João Leonardo Fernandes Pires<sup>(3)</sup> e Alvadi Antonio Balbinot Junior<sup>(3)</sup>

(1) Universidade Federal de Santa Maria, Bolsista produtividade CNPq. (2) Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete e Campus Itaqui. (3) Pesquisador, Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

(\*) martin.ufsm@gmail.com

**Resumo** – A distribuição espacial de plantas é um dos fatores mais relevantes para a produtividade da soja, sendo determinada principalmente pela população de plantas, espaçamento entre as fileiras e uniformidade de distribuição das plantas nas fileiras. A distribuição de plantas é influenciada diretamente pela velocidade de deslocamento e regulagens da semeadora, qualidade das sementes, condições de solo, entre outros fatores operacionais e agrônômicos. Diante da grande variabilidade ambiental existente no Brasil — incluindo diferentes cultivares, condições climáticas/meteorológicas, sistemas de produção e níveis de mecanização — é difícil estabelecer uma indicação única e universal. Ainda assim, nos últimos 25 anos, uma quantidade expressiva de estudos científicos, foi publicada sobre o tema, envolvendo cerca de 168 pesquisadores, em 32 locais de pesquisa e com base em 118 experimentos. Os principais resultados indicam que a uniformidade na semeadura é essencial para produtividades elevadas. Espaçamentos entre fileiras inferiores a 45 cm apresentam potencial produtivo elevado, com melhor aproveitamento dos recursos do ambiente (radiação solar, água e nutrientes) e maior eficiência na competição com plantas daninhas. Espaçamentos entre 50 e 60 cm, em geral, também propiciam adequada estabilidade de rendimento. Já espaçamentos superiores a 60 cm são mais indicados em situações de elevada pressão de doenças, por reduzirem o período de molhamento das folhas. Quanto à população de plantas, indica-se, na maioria dos cenários, entre 200.000 e 300.000 plantas por hectare, com a utilização de cultivares de porte ereto, elevada capacidade de ramificação e eficiência na cobertura do solo. Por fim, ressalta-se que a soja apresenta plasticidade fenotípica, o que permite que a planta se ajuste às diferentes condições de cultivo, desde que haja suprimento adequado de luz, água e nutrientes.

**Termos para indexação:** *Glycine max* (L.) Merrill, população de plantas, espaçamento entre fileiras, uniformidade de distribuição de plantas nas fileiras.

### **Spatial distribution of soybean plants: 25 years of scientific contributions**

**Abstract** – The spatial distribution of plants is one of the most relevant factors for soybean yield, being primarily determined by plant population, row spacing, and the uniformity of plant distribution within the rows. Plant distribution is directly influenced by planter speed and adjustments, seed quality, soil conditions, among other operational and agronomic factors. Given the high environmental

variability in Brazil — including different cultivars, climatic/weather conditions, production systems, and levels of mechanization — it is difficult to establish a single, universal recommendation. Nevertheless, over the past 25 years, a significant number of scientific studies have been published on the subject, involving around 168 researchers, across 32 research locations, and based on 118 experiments. The main findings indicate that sowing uniformity is essential for achieving high yields. Row spacings narrower than 45 cm show high yield potential, enabling better use of environmental resources (solar radiation, water, and nutrients) and greater efficiency in weed competition. Row spacings between 50 and 60 cm also generally provide adequate yield stability. In contrast, spacings greater than 60 cm are more suitable under conditions of high disease pressure, as they reduce the leaf wetness period. Regarding plant population, in most scenarios, it is recommended to maintain between 200,000 and 300,000 plants per hectare, using upright cultivars with high branching capacity and efficient ground coverage. Finally, it is important to emphasize that soybean plants exhibit phenotypic plasticity, allowing them to adjust to different cultivation conditions, provided that there is an adequate supply of light, water, and nutrients.

**Index terms:** *Glycine max* (L.) Merrill, plant density, row spacing, spatial distribution of plants in rows.

## Introdução

O arranjo espacial das plantas é um fator-chave para o sucesso produtivo da soja, pois influencia diretamente a interceptação da luz, o uso eficiente de recursos, a capacidade de competição com plantas daninhas, o tempo de molhamento foliar e a formação dos componentes de rendimento e sua produtividade de grãos. Para alcançar produtividades elevadas, é fundamental entender como os fatores de produção interagem para configurar um arranjo eficiente (Corassa et al., 2018). O espaçamento entre fileiras é um dos primeiros elementos a definir esse arranjo. Fileiras estreitas (menores que 30 cm) tendem a favorecer o fechamento rápido do dossel, melhorando a interceptação da luz, a eficiência fotossintética e o controle de plantas daninhas. Já espaçamentos maiores, podem beneficiar cultivares de crescimento indeterminado, permitindo maior crescimento de ramos laterais, com reflexos no rendimento de grãos. A população de plantas, ajustada à cultivar e ao ambiente, também pode ser determinante. Populações elevadas aumentam a competição intraespecífica por luz, água e nutrientes, exigindo equilíbrio para que cada planta obtenha a arquitetura adequada (Balbinot et al., 2018). Por outro lado, populações baixas



e mal distribuídas podem reduzir o aproveitamento do espaço, afetando negativamente o índice de área foliar e a produtividade. O método de semeadura impacta diretamente a distribuição das plantas (Cunha et al., 2024). Fileiras duplas, por exemplo, podem reduzir o tempo de molhamento das folhas inferiores, diminuindo o impacto de doenças. Semeaduras mais adensadas também oferecem maior capacidade de competição com plantas daninhas. Conforme a época de semeaduras as variáveis temperatura, radiação, fotoperíodo e disponibilidade hídrica são alteradas, repercutindo no crescimento e desenvolvimento das plantas. Semeaduras em época ideal podem favorecer o crescimento equilibrado da planta, o alongamento do caule, a emissão de entrenós e o crescimento de ramos, contribuindo para um dossel estruturado e produtivo. A qualidade da semeadura, determinada pela velocidade da operação e pela uniformidade de distribuição das sementes, é essencial para um arranjo espacial eficiente (Bortoli et al., 2021). Irregularidades na profundidade ou espaçamento comprometem o estande e resultam em plantas desuniformes, o que pode reduzir a produtividade. Além disso, as características genéticas das cultivares influenciam o “arranjo ideal”. Cultivares que apresentam alta plasticidade fenotípica, principalmente elevada capacidade de ramificação, podendo se beneficiar de arranjos espaciais que permitam menor competição intraespecífica, aumentando a participação dos ramos na formação da produtividade (Balbinot et al., 2018). Fatores adicionais, como fertilidade do solo, disponibilidade hídrica e eficiência da fixação biológica de nitrogênio (Luca & Hungria, 2014), também influenciam o arranjo ao afetarem a arquitetura das plantas, o número de vagens e a massa dos grãos. Em ambientes com mais recursos, as plantas exploram melhor o espaço disponível, resultando em maior produtividade. Objetivou-se com esse estudo apresentar e discutir as principais descobertas em nível nacional que se referem a distribuição espacial de plantas nos últimos 25 anos.

## **Material e métodos**

Foi realizado um levantamento bibliográfico de artigos científicos publicados nos últimos 25 anos (a partir do ano 2000), com foco em estudos

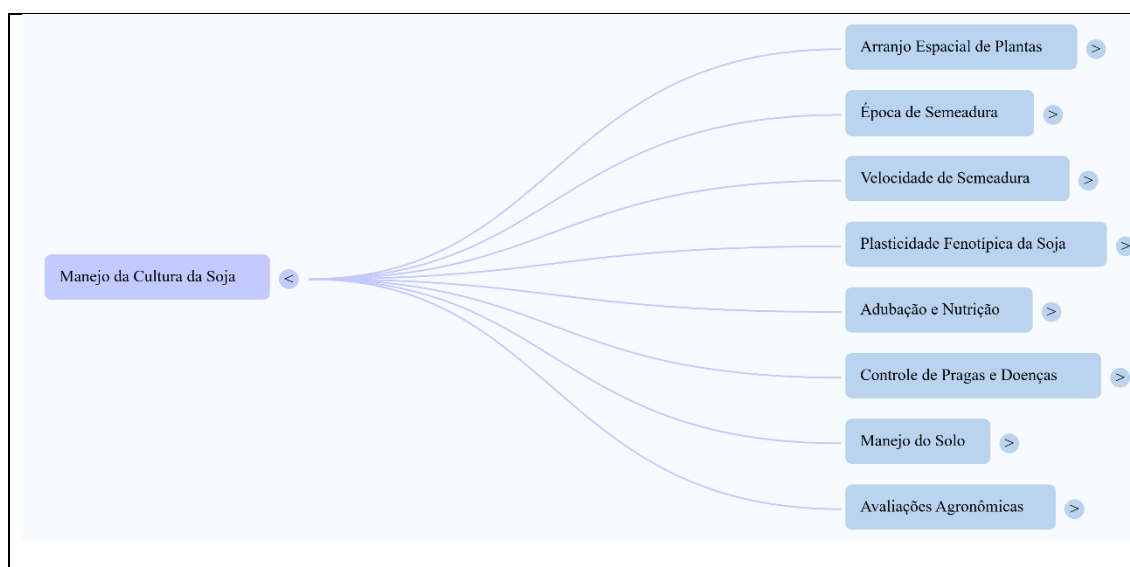
relacionados à distribuição de plantas na cultura da soja. A busca contemplou apenas artigos publicados em revistas científicas indexadas no sistema Qualis/CAPES, com registro de ISSN, e que tivessem como base experimentos de campo conduzidos no Brasil. Como critérios de inclusão, os artigos selecionados deveriam apresentar os princípios básicos da experimentação agrícola, incluindo repetição, casualização e análise estatística adequada. Não foram inclusas publicações de trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado, teses de doutorado, relatórios ou circulares técnicas e resumos publicados em eventos técnico científicos.

A seleção focou exclusivamente em estudos com relação direta com o arranjo espacial de plantas de soja, contemplando os seguintes fatores de produção: (i) populações de plantas; (ii) espaçamento entre fileiras; (iii) velocidade de semeadura; (iv) percentual de falhas no estande; (v) tipo de crescimento das cultivares (determinado e indeterminado); (vi) método de semeadura (tradicional, fileiras duplas, semeadura cruzada, a lanço e semeadura em espaçamento reduzido). Inicialmente, realizou-se uma busca direta por artigos que atendessem aos critérios mencionados. Em seguida, foi adotada uma abordagem iterativa de pesquisa, utilizando-se as referências bibliográficas dos artigos inicialmente selecionados para identificar novos estudos relevantes. Esse processo de busca e seleção foi encerrado apenas quando não foram mais encontrados novos artigos relacionados ao tema. Como etapa final, foi elaborada uma tabela síntese, contendo as principais conclusões de cada estudo, com o objetivo de identificar os resultados mais promissores e consistentes ao longo dos 25 anos analisados. Para a organização, análise e sistematização das informações utilizadas neste estudo, foi empregada a ferramenta NotebookLM, desenvolvida pelo Google (<https://notebooklm.google.com/>, Google, 2025). O NotebookLM foi utilizado como apoio na etapa de revisão bibliográfica, auxiliando na extração de trechos relevantes, cruzamento de informações entre fontes e elaboração de sínteses temáticas. Todos os dados analisados pela ferramenta foram previamente inseridos e validados pelos autores, garantindo a rastreabilidade das fontes utilizadas. O arquivo complementar a referência dos artigos, DOI e conclusões

dos artigos encontra-se em: <https://encurtador.com.br/VPjXD> fazendo parte da literatura consultada para a produção desse texto.

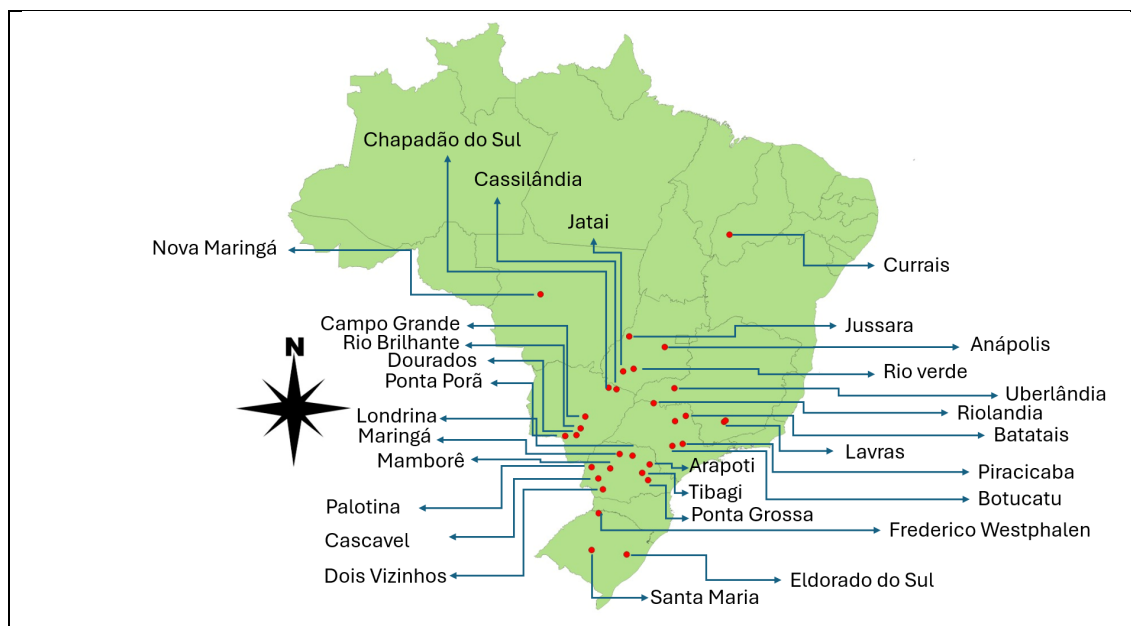
## Resultados e discussão

O resumo do organograma a respeito das interações entre as variáveis que compõem a distribuição de plantas está destacado na Figura 1. O organograma completo pode ser acessado em: <https://encurtador.com.br/AF6ii>



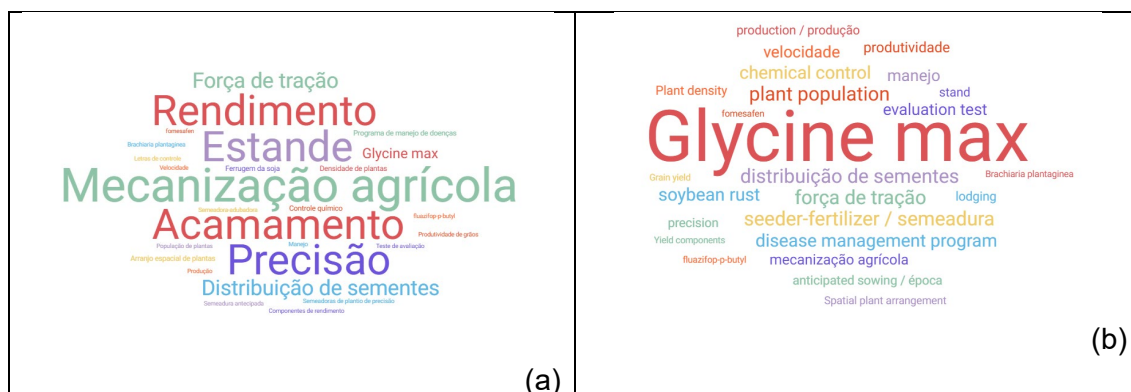
**Figura 1.** Resumo do organograma a respeito das interações das variáveis que compõem o manejo na cultura da soja avaliados pelos 76 artigos.

Como resultados foram avaliados 74 artigos científicos publicados em periódicos indexados no Qualis/Capes. Os artigos foram escritos por 168 autores distintos. Os experimentos foram realizados em 32 locais, totalizando 118 experimentos diferentes (Figura 2) que utilizaram 71 cultivares e/ou linhagens.



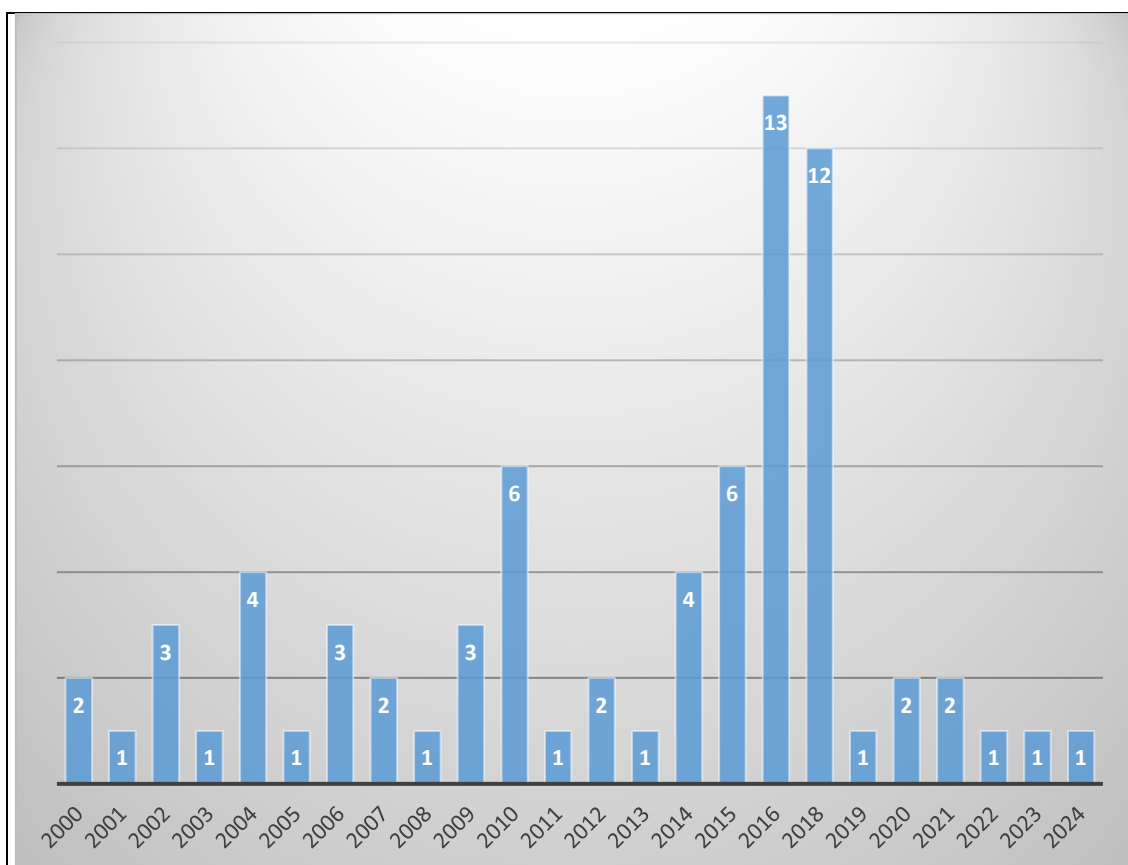
**Figura 2.** Locais de realização dos 118 experimentos sobre o arranjo de plantas em soja.

As principais palavras-chave com frequência superior a 10 vezes, assim como as principais palavras que ocorrem nos títulos dos artigos são apresentadas na Figura 3. A frequência com que a palavra-chave ocorre está relacionada com a proporção da palavra na figura. O termo “mecanização agrícola” ocorre 267 vezes (palavra-chave mais frequente) enquanto a palavra *Glycine max* ocorre 43 vezes (palavra do título do artigo mais frequente). Destacando assim, que esses são os termos de indexação mais frequentes.



**Figura 3.** Frequência de ocorrência das palavras chaves (a) e dos termos utilizados no título das publicações sobre arranjo de plantas em soja (b).

A frequência dos artigos publicados está destacada na Figura 4, onde verifica-se que os dois anos em que mais artigos foram publicados foi 206 e 2018.



**Figura 4.** Frequência de publicações nos 25 anos de avaliações.

### Problemas que geraram as pesquisas

Dentre os principais problemas e discrepâncias a serem resolvidos destacados pelos 76 artigos, indicam-se os mais frequentes: (i) a técnica de semeadura cruzada, carece de estudos aprofundados sobre seus efeitos na produtividade, na interação com a população e no espaçamento entre fileiras, bem como sua influência na severidade da ferrugem asiática. Ainda há pouca compreensão sobre como a população de plantas afeta o crescimento e a distribuição das raízes no perfil do solo, especialmente considerando a distribuição espacial das raízes, o que limita a interpretação dos efeitos da competição intraespecífica; (ii) o arranjo espacial e o manejo de cultivares modernas de soja, com arquitetura compacta e tipo de crescimento indeterminado, são pouco estudados, principalmente em relação à contribuição dos ramos para a plasticidade fenotípica e o rendimento. A interação entre a população de semeadura e níveis de fertilização fosfatada e potássica, bem como os efeitos sobre a qualidade das sementes (teores de óleo e proteína),

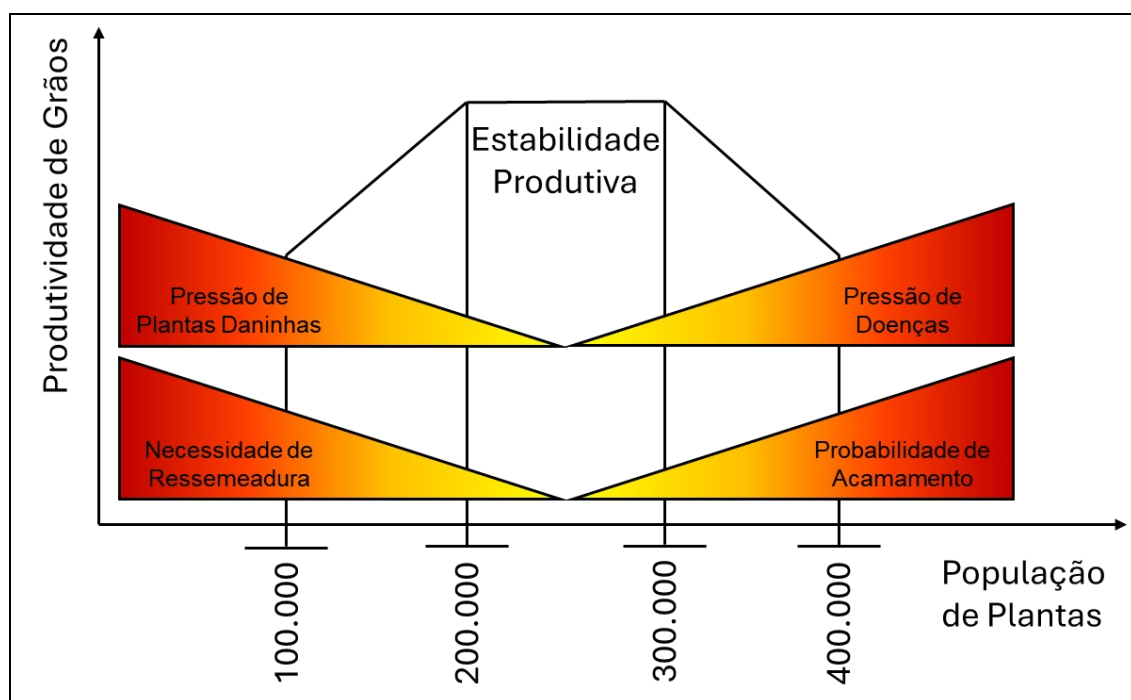
ainda não estão claramente definidos; (iii) ausência de um espaçamento e populações ideais universais para soja, pois a resposta da planta varia conforme o solo, clima, cultivar e manejo, tornando fundamental a avaliação da interação entre esses fatores para identificar a população ideal em cada condição produtiva. Resultados divergentes sobre os efeitos da alta população de semeadura e da velocidade de implantação evidenciam a complexidade do tema e a necessidade de investigação das condições específicas que influenciam o sucesso da semeadura. (iv) a dinâmica do uso da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em diferentes arranjos espaciais da soja é pouco explorada, assim como a eficiência das semeadoras, que apresentam limitações em seus mecanismos dosadores, especialmente em terrenos irregulares, gerando falhas na distribuição de sementes. Estudos nacionais sobre semeadoras pneumáticas e métodos mais robustos para avaliar o espaçamento real das plantas após a emergência são insuficientes, o que dificulta a padronização do manejo; (v) carência de informações sobre como o arranjo de plantas influencia a ocorrência e o progresso de doenças foliares, assim como sobre os efeitos da antecipação da semeadura para culturas sucessoras, como o milho safrinha. Essas lacunas indicam a necessidade de novas pesquisas que integrem aspectos agronômicos, fisiológicos e econômicos para otimizar o manejo da semeadura de soja em diferentes ambientes e cultivares, promovendo produtividade, sustentabilidade e rentabilidade ao produtor.

## **População de plantas e produtividade da soja**

### **Faixa ideal e estabilidade produtiva**

Definir a população ideal de plantas é essencial para maximizar a produtividade da soja. A cultura apresenta alta plasticidade fenotípica, o que permite estabilidade de produtividade entre 200.000 e 300.000 plantas/ha, desde que não se ultrapassem os limites fisiológicos (Figura 5). Nos últimos 50 anos houve um aumento na população de plantas e na melhoria de aspectos de distribuição e plantabilidade das mesmas (Umburanas et al., 2022). Em baixas populações, a planta pode compensar com maior número de vagens e massa de grãos por planta (Suhre et al., 2014). Essa estratégia também reduz custos,

especialmente com sementes transgênicas, desde que sejam usadas sementes de qualidade e haja distribuição uniforme na semeadura.



**Figura 5.** Modelo conceitual da relação entre a população de plantas e a produtividade da soja.

#### **População otimizada por ambiente de produção**

- **Ambientes de alta produtividade:** populações entre 200.000 e 300.000 plantas/ha resultam melhores produtividades. Populações acima de 400.000 plantas/ha aumentam os custos e não trazem ganhos produtivos. A população de plantas ótima geralmente varia entre 187.000 e 290.000 plantas/ha.
- **Ambientes de baixa produtividade:** exigem populações maiores (300.000 a 400.000 plantas/ha), devido à menor capacidade de ramificação e cobertura do solo. A população de plantas ótima nesses casos varia de 268.000 a 355.000 plantas/ha.
- **Semeadura tardia e safrinha:** requerem populações mais elevadas, com ganhos de produtividade acima de 300.000 plantas/ha.

#### **Fatores agrônômicos que influenciam a “população ideal”**

- **Arquitetura da planta:** plantas com elevada altura (superior a 80 cm) e com ramificação abundante, geralmente apresentam melhores resultados em

populações inferiores a 250 mil/ha. Por outro lado, plantas baixas (inferiores a 80 cm) e com baixa ramificação, em geral, necessitam populações superiores a 250 mil/ha para maximizar a produtividade.

- **Espaçamento entre fileiras:** Espaçamentos reduzidos (20 a 45 cm) favorecem a interceptação de luz e o fechamento do dossel, podendo aumentar a produtividade em populações moderadas.
- **Distribuição e qualidade da sementeira:** A uniformidade na fileira de sementeira é fundamental. Variações reduzem a produtividade, principalmente em baixas populações.
- **Sistema de sementeira:** a sementeira cruzada não apresenta ganhos consistentes, pode elevar os custos e comprometer a população efetiva.
- **Fertilidade do solo:** A população ideal não depende dos níveis de fósforo ou potássio. O nitrogênio em cobertura é dispensável com nodulação adequada.
- **Riscos de altas populações:** populações acima de 400.000 plantas/ha aumentam o risco de acamamento e favorecem doenças como o mofo-branco e ferrugem asiática, principalmente em ambientes úmidos e com dossel fechado.

### **Efeitos do espaçamento entre fileiras de sementeira na Produtividade**

A definição do espaçamento entre fileiras mais adequado para a cultura da soja é um tema amplamente estudado, porém de difícil padronização, devido à elevada plasticidade fenotípica da planta e à interação complexa entre fatores genéticos, ambientais e de manejo. Essa plasticidade permite à soja ajustar seus componentes de rendimento a diferentes condições de cultivo, o que explica a variabilidade nos resultados encontrados na literatura.

#### **Espaçamentos reduzidos (20 a 35 cm)**

##### **Vantagens:**

- **Fechamento precoce do dossel,** promovendo maior interceptação da radiação solar, o que pode se refletir em maior acúmulo de biomassa e índice de área foliar (IAF).



- **Possibilidade de aumento na produtividade de grãos**, com maior número de vagens férteis por área e maior massa de mil grãos.
- **Redução da emergência e competição de plantas daninhas**, pelo sombreamento precoce do solo.
- **Melhor exploração do solo**, com distribuição mais homogênea do sistema radicular.
- **Redução de acamamento**, em alguns estudos, atribuída à melhor distribuição de plantas.

#### **Considerações:**

- Mais eficientes **em cultivares de porte ereto e baixa ramificação lateral**.
- Benefícios ampliados **em cultivos com semeadura tardia** ou **ambientes sem estresse hídrico**.
- Aumentam o risco de **ferrugem asiática e mofo branco**, devido à menor circulação de ar no dossel, aumentando o período de molhamento foliar.
- **Maior dificuldade operacional** para aplicação de defensivos foliares, por efeito guarda-chuva.
- **Potencial aumento de acamamento** em cultivares suscetíveis, especialmente sob alta população de semeadura.
- **Pode ocasionar alta mobilização do solo durante a semeadura, sobretudo se forem utilizadas hastes sulcadoras nas semeadoras**.
- **Maior potência requerida para tração**, uma vez que há aumento do número de fileiras na mesma largura de operação de semeadura. Ou, se houver redução do número de fileiras, haverá redução do rendimento operacional.
- **Inviabilidade de implantação do milho no mesmo espaçamento utilizado para a soja**.

#### **Espaçamentos intermediários ou convencionais (40 a 50 cm)**

- Frequentemente resultam em **produtividade estável** em uma ampla gama de populações de plantas.

- Algumas cultivares apresentaram **maior rendimento em 40 cm ou 45 cm**, superando tanto os espaçamentos reduzidos quanto os mais amplos.
- São considerados **opções consistentes e seguras**, particularmente quando associadas a sistemas de produção consolidados.

### **Espaçamentos amplos (60 a 70 cm)**

#### **Vantagens:**

- **Melhor penetração de luz e ventilação no dossel**, podendo favorecer a sanidade das folhas mais próximas ao solo.
- Em casos de **alta pressão de doenças**, como ferrugem asiática, espaçamentos amplos podem reduzir a severidade e aumentar a eficiência do controle químico.

#### **Desvantagens:**

- **Fechamento tardio do dossel**, resultando em menor interceptação de luz nas fases iniciais e maior infestação de plantas daninhas.
- Menor aproveitamento do solo e recursos, especialmente com cultivares de crescimento indeterminado e baixa ramificação.

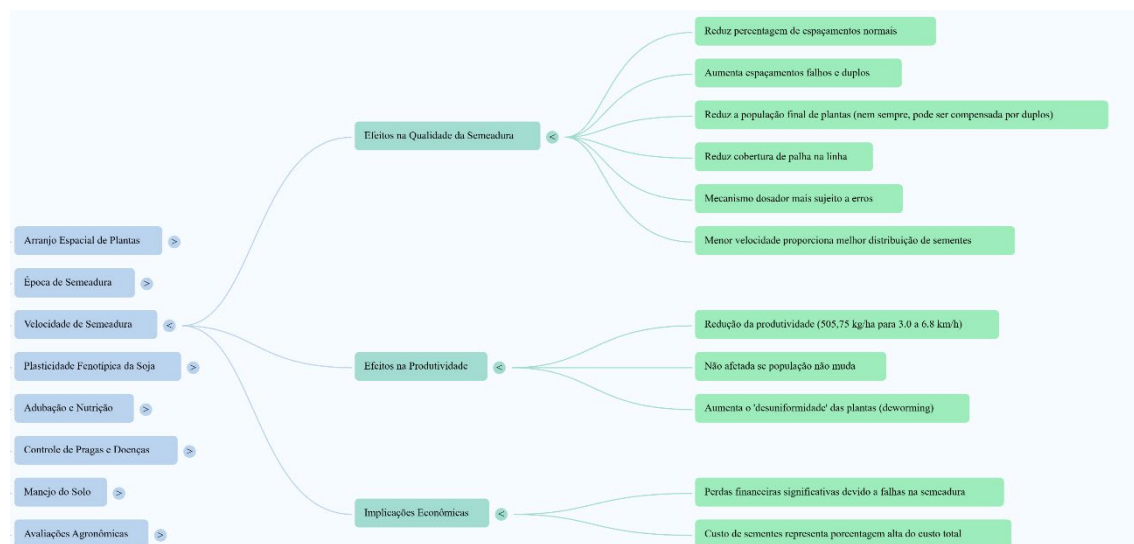
### **Semeadura cruzada e fileiras duplas**

- De modo geral, **não apresentaram ganhos consistentes de produtividade** em relação à semeadura convencional.
- A **semeadura cruzada** pode resultar em **menor populações efetiva de plantas**, maior compactação e aumento nos custos operacionais.
- A **configuração em fileiras duplas** pode melhorar a penetração de luz e defensivos no dossel, mas depende da distância entre fileiras de semeadura e do tipo de cultivar. Estudos mostraram produtividade similar ou inferior em relação aos arranjos convencionais.

### **Velocidade de semeadura e produtividade da soja**

A velocidade de semeadura afeta diretamente a uniformidade da distribuição de sementes, o estande final de plantas e, consequentemente, a produtividade da soja. Estudos mostram que velocidades elevadas (acima de 8

km/h) tendem a aumentar o espaçamento entre plantas, reduzir a população final e comprometer a uniformidade, o que pode resultar em menor rendimento, mesmo que alguns componentes de produtividade (como vagens por planta) aumentem (Figura 6).



**Figura 6.** Fluxograma das principais repercussões a respeito da velocidade de semeadura.

### “Velocidade ideal” e efeitos na produtividade

- A velocidade de **6,2 km/h** tem sido frequentemente associada ao melhor equilíbrio entre uniformidade de distribuição e população final, resultando em maior produtividade.
- Velocidades muito baixas (2,5 a 3,0 km/h) podem maximizar a produtividade de grãos, mas são pouco viáveis operacionalmente.
- Em um estudo, semear a 9,2 km/h reduziu a produtividade em 20%, enquanto faixas entre 3,4 e 7,7 km/h não mostraram diferenças significativas.
- Em condições específicas e com dosadores modernos (pneumáticos), velocidades de até 12 km/h não comprometeram a produtividade.

A massa de mil grãos geralmente não é afetada pela velocidade, indicando que o principal impacto ocorre na distribuição das plantas, não no tamanho dos grãos.

**Uniformidade: fator decisivo**

Há consenso de que o aumento da velocidade compromete a uniformidade, causando espaçamentos irregulares, falhas e sobreposição de plantas — o que reduz o aproveitamento dos recursos do ambiente.

**Indicações gerais:**

- 5 a 7 km/h: faixa ideal para distribuição adequada e produtividade estável.
- Semeadoras mecânicas (disco horizontal): indicado entre 4 e 6 km/h.
- Semeadoras pneumáticas: operam bem até 10 km/h, dependendo do solo e da topografia.

**Considerações gerais**

A definição do arranjo espacial é um dos principais fatores que influenciam a produtividade da soja. Embora a cultura apresente elevada plasticidade fenotípica e capacidade de compensar variações no estande, essa compensação apresenta limites. A eficiência no uso da luz, água e nutrientes depende da uniformidade na distribuição das plantas na fileira, da população de plantas, do espaçamento entre fileiras, da velocidade de semeadura, da arquitetura da cultivar e das condições ambientais. Espaçamentos reduzidos, entre 20 e 45 centímetros, apresentam resultados consistentes em termos de produtividade. Promovem melhor distribuição das plantas, fechamento mais rápido do dossel, maior interceptação de luz e sombreamento das plantas daninhas, além de favorecerem o aproveitamento do solo pelas raízes. No entanto, esses arranjos podem aumentar a umidade no dossel, favorecendo doenças como a ferrugem asiática e o mofo branco, dificultando a aplicação de defensivos e elevando o risco de acamamento (especialmente quando associados com população elevadas).

Espaçamentos convencionais ou intermediários, entre 40 e 60 cm, continuam muito eficientes, especialmente quando ajustados ao porte da cultivar. Favorecem cultivares com maior ramificação, permitem melhor ventilação no dossel e maior eficácia na aplicação de defensivos. Em

contrapartida, o fechamento mais lento do dossel pode aumentar a competição com plantas daninhas e reduzir a interceptação de luz no início do ciclo.

Outros sistemas de semeadura, como a semeadura cruzada (em fileiras perpendiculares), têm como objetivo otimizar a distribuição espacial, mas os estudos mostram que não há ganhos consistentes de produtividade. Além disso, essa técnica tende a elevar os custos, aumentar o risco de doenças e reduzir a eficiência operacional, por isso não é recomendado. Fileiras duplas (*twin rows*) também não demonstram vantagens claras em relação às fileiras simples e podem comprometer o fechamento do dossel, especialmente em espaçamentos largos. A semeadura agrupada (*hill drop*), quando mantém a população total por hectare, não alterou a produtividade em relação à distribuição equidistante das plantas nas fileiras. Já a semeadura a lanço, apesar de proporcionar cobertura adequada, exige maior volume de sementes, dificulta o manejo mecânico e apresenta maiores perdas por falhas de germinação e pragas (além do revolvimento do solo).

A velocidade de semeadura é outro fator crítico. Velocidades superiores a 6–8 km/h reduzem a uniformidade na distribuição das sementes na fileira, sobretudo com semeadoras mecânicas. Sistemas pneumáticos apresentam melhor desempenho nesse aspecto. O impacto final sobre a produtividade depende da cultivar utilizada e das condições ambientais. Cultivares de crescimento ereto e com baixa ramificação se adaptam melhor a espaçamentos reduzidos, enquanto cultivares com elevada ramificação respondem melhor a espaçamentos maiores. Em ambientes com recursos limitados, populações mais altas ajudam a compensar o menor crescimento individual das plantas.

### **Agradecimentos**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – Processos 312543/2023-9), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Brasil – Código de Financiamento 001, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS – Processos 22/2551-0001644-8) pela concessão de bolsas aos autores. Aos bolsistas e voluntários pelo auxílio na coleta de dados.

## Referências

- BALBINOT, A. A.; OLIVEIRA, M. C. N. D.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; ZUCARELI, C.; FERREIRA, A. S.; WERNER, F. Phenotypic plasticity in a soybean cultivar with indeterminate growth type. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 53 (09), 1038-1044, 2018.
- BORTOLI, L. F.; ARISMENDI, G. D. A.; FERREIRA, M. M.; MARTIN, T. N. Sowing speed can affect distribution and yield of soybean. **Australian Journal of Crop Science**, 15 (1), 16-22, 2021.
- CORASSA, G. M.; AMADO, T. J.; STRIEDER, M. L.; SCHWALBERT, R.; PIRES, J. L.; CARTER, P. R.; CIAMPITTI, I. A. Optimum soybean seeding rates by yield environment in southern Brazil. **Agronomy Journal**, 110(6), 2430-2438, 2018.
- CUNHA, V.; FIPKE, G. M.; CONCEIÇÃO, G. M.; MÜLLER, T. M.; PIRES, J. L. F.; FULANETI, F. S.; MARTIN, T. N. N. Intraspecific competition in row spacings in soybean. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, 36, 1-8, 2024.
- Google. *NotebookLM*. Disponível em: <https://notebooklm.google.com/>. Acesso em: 17 jun. 2025.
- LUCA, M. J. D.; HUNGRÍA, M. Plant densities and modulation of symbiotic nitrogen fixation in soybean. **Scientia Agricola**, 71, 181-187, 2014.
- SUHRE, J. J.; WEIDENBENNER, N. H.; ROWNTREE, S. C.; WILSON, E. W.; NAEVE, S. L.; CONLEY, S. P.; DAVIS, V. M. Soybean yield partitioning changes revealed by genetic gain and seeding rate interactions. **Agronomy Journal**, 106 (5), 1631-1642, 2014.
- UMBURANAS, R. C.; KAWAKAMI, J.; AINSWORTH, E. A.; FAVARIN, J. L.; ANDERLE, L. Z.; DOURADO-NETO, D.; REICHARDT, K. Changes in soybean cultivars released over the past 50 years in southern Brazil. **Scientific Reports**, 12 (1), 508, 2022.

## **Cultivo de soja em terras baixas do Rio Grande do Sul: evolução nos últimos 10 anos**

Glauber Monçon Fipke<sup>(1\*)</sup>, Vinícius dos Santos Cunha<sup>(2)</sup>, Lucas Lopes Coelho<sup>(3)</sup>, Robson Giacomeli<sup>(4)</sup> e Enio Marchesan<sup>(4)</sup>

(1\*) Professor, Universidade Federal do Pampa, Itaqui, RS. (2) Professor, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, RS. (3) Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. (4) Professor, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. (\*) glauberfipke@unipampa.edu.br.

**Resumo** – O objetivo deste trabalho foi elencar os principais avanços técnico-científicos para produção de soja em Terras Baixas do Rio Grande do Sul, gerados nos últimos dez anos. A implementação de práticas de preparo do solo, como a escarificação e o sistema sulco-camalhão, a adoção do plantio direto, o uso de mecanismos sulcadores adequados na semeadora e a irrigação suplementar, são estratégias eficazes para superar as limitações impostas pela compactação e déficit hídrico do solo. Essas técnicas promovem um ambiente edáfico favorável, resultando em um desenvolvimento radicular adequado, absorção de nutrientes e, conseqüentemente, uma produtividade de grãos de soja economicamente competitiva.

**Termos para indexação:** *Glycine max* (L.) Merrill, ecossistema de várzea, excesso hídrico, camalhão, sistema sulco-camalhão.

## **Soybean cultivation in lowland of Rio Grande do Sul: evolution in the last 10 years**

**Abstract** – The objective of this review was to list the main technical-scientific advances in soybean production in Rio Grande do Sul Lowland environments over the last ten years. The implementation of soil preparation practices, such as scarification and the furrow-ridge system, the adoption of no-till farming, the use of appropriate furrow-opener mechanism in planters, and supplemental irrigation, are effective strategies to overcome limitations imposed by soil compaction and water deficit. These techniques promote a more favorable edaphic environment, resulting in improved root development, nutrient uptake, and consequently, na economically competitive soybean grain yield.

**Index terms:** *Glycine max* (L.) Merrill, floodplain ecosystem, water excesso, ridge, furrow-ridge system.

## **Introdução**

A delimitação das Terras Baixas no Rio Grande do Sul (RS) envolve a identificação de aspectos como altitude, relevo e características do solo (Miura

et al., 2015). Assim, se considera, a partir de uma abordagem geral, que aproximadamente 46% do território Estadual atenda a essas características, ao passo que se for considerada uma abordagem em termos agronômicos resultaria em aproximadamente 14% (quatro milhões de hectares). Destes, estima-se que aproximadamente três milhões de hectares possuam infraestrutura adequada de irrigação e drenagem, principalmente para o cultivo de arroz irrigado por inundação (Theisen, 2017). Apesar desse quantitativo de área, menos de um terço vem sendo efetivamente utilizada para essa finalidade. Considerando os últimos dez anos, são 990 mil hectares de arroz, em média anual (IRGA, 2025). Portanto, ocorre uma subutilização durante o período da primavera-verão que representa oportunidade para expansão de outras culturas neste ambiente.

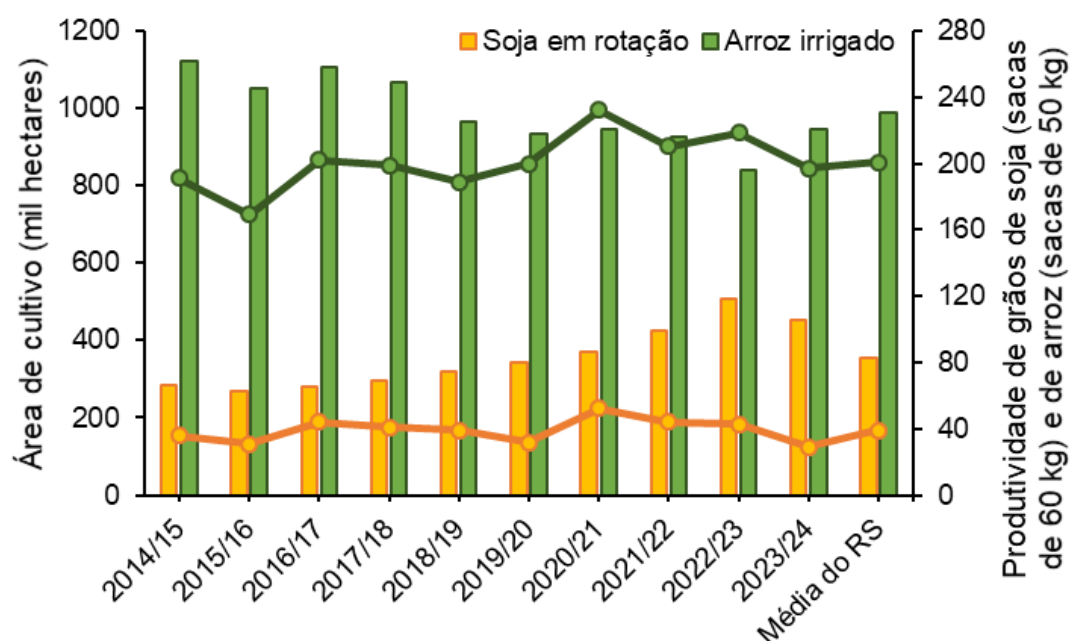
Assim, a soja consolidou-se como a principal cultura inserida nestas condições típicas de “áreas de arroz”. A introdução da sojicultura nesse sistema foi inicialmente motivada pelos efeitos positivos observados sobre o manejo da cultura do arroz, atuando como uma cultura “reconversora”. Fato consolidado principalmente pela redução do custo de produção após a soja, devido a diversificação de uso de herbicidas e consequentemente, controle eficaz de espécies de plantas daninhas problemáticas, como o arroz-daninho (Marchesan, 2022).

Com o passar do tempo, destacam-se os avanços tecnológicos no cultivo da leguminosa nessas condições. Se pode atribuir a utilização de uma genética mais adaptada a estresses, a incorporação de boas práticas agrícolas para o manejo do solo e da água, o manejo integrado de pragas, dentre outras práticas (Emygdio et al., 2017). Aliado a tudo isso, a valorização do preço da soja no mercado, transformaram seu papel nessas áreas. Hoje, a cultura é parte integrante do sistema produtivo, deixando de ser uma mera opção complementar para se consolidar como componente estratégico na diversificação e intensificação agrícola em regiões tradicionalmente arrozeiras (Grohs et al., 2022).

Considerando a partir da safra 2014/2015 (284 mil hectares), a área de soja em rotação aumentou 59% na safra 2023/2024 (451 mil hectares), contando com média de 355 mil hectares de cultivo anual no período considerado (Figura



1). Além disso, fato que demonstra a consolidação da cultura é quando se faz o comparativo percentual com a área de cultivo de arroz irrigado, pois já representa, em média anual, cerca de 36% da área (IRGA, 2025). Apesar disso, observa-se uma estagnação na velocidade de expansão de área cultivada, principalmente explicada pelas baixas produtividades de grãos nestes ambientes. As condições edafo-climáticas e de manejo da lavoura são os principais limitantes. Para o clima, os anos de El Niño são os principais indicativos que fazem o agricultor diminuir a área cultivada, devido às chuvas frequentes que proporcionam a morte de plantas por hipóxia. Para o manejo da lavoura, ainda persistem alguns entraves gerenciais e técnicos, pois cultivar duas espécies distintas exige maior complexidade na administração da propriedade, especialmente quanto à alocação de recursos humanos, uso de maquinário, e planejamento/execução do preparo do solo, implantação e tratamentos culturais (Marchesan, 2020).



**Figura 1.** Quantitativo de área semeada (mil hectares) e produtividade de grãos (sacas/ha) de soja (sacas de 60 kg) em área de rotação e de arroz irrigado (sacas de 50 kg) nos últimos 10 anos em Terras Baixas no Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: IRGA, 2025.

Para que seja possível expandir a área e incrementar a produção é imprescindível a minimização das limitações edáficas e operacionais relacionadas com a execução dos principais tratamentos culturais. O objetivo deste trabalho foi elencar os principais avanços técnico-científicos para produção de soja em terras baixas do Rio Grande do Sul, gerados nos últimos dez anos.

### **Limitações edáficas**

Praticamente a totalidade dos solos das Terras Baixas do Rio Grande do Sul caracterizam-se por um horizonte superficial e um horizonte B com capacidade de percolação muito baixa, o que causa longos períodos de encharcamento após chuvas e prejudica o desenvolvimento e a produtividade da soja (del Aguila et al., 2020a). Além disso, devido às práticas de preparo do solo para o cultivo de arroz irrigado, muitas dessas áreas apresentam uma camada compactada, geralmente entre 7 e 17 cm de profundidade. Neste contexto, a compactação do solo diminui os macroporos e a porosidade total (Sartori et al., 2015). Portanto, evidencia-se frequentemente um aumento da resistência mecânica do solo à penetração. Valores acima de 2,0 MPa são considerados limitantes para o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas (Sartori et al., 2016a). Inclusive, a resistência do solo à penetração aumenta em profundidade, com valores restritivos ao crescimento radicular entre 0,05 e 0,35 m (Brasil Neto et al., 2021).

Essas más condições, proporcionam uma redução no volume radicular, fazendo com que as raízes não consigam se aprofundar para buscar água e nutrientes como N, P, K, Ca, Mg e S (del Aguila et al., 2020a; Timm et al., 2019). Ainda, o adensamento do solo reduz o conteúdo de oxigênio para as raízes, limitando a atividade da nitrogenase e o número de nódulos por planta (Sartori et al., 2015). Em razão de tudo isso, a presença da camada compactada interfere nos teores foliares de macronutrientes e, conseqüentemente, na produtividade de grãos da soja (Sartori et al., 2016a).

Os dados do INMET (2025) apontam que historicamente entre os meses de outubro e fevereiro, várias localidades da região com solos de Terras Baixas apresentam um acumulado mensal das chuvas ultrapassando 500 mm. Meses com elevados índices pluviométricos podem reduzir tão drasticamente a

produtividade quanto índices muito baixos. Para minimizar esses e outros problemas que impõem restrições ao cultivo ou penalizações ao potencial produtivo da soja em Terras Baixas, o aprimoramento de sistemas de preparo do solo é necessário, para assim, proporcionar um ambiente mais adequado ao cultivo da soja.

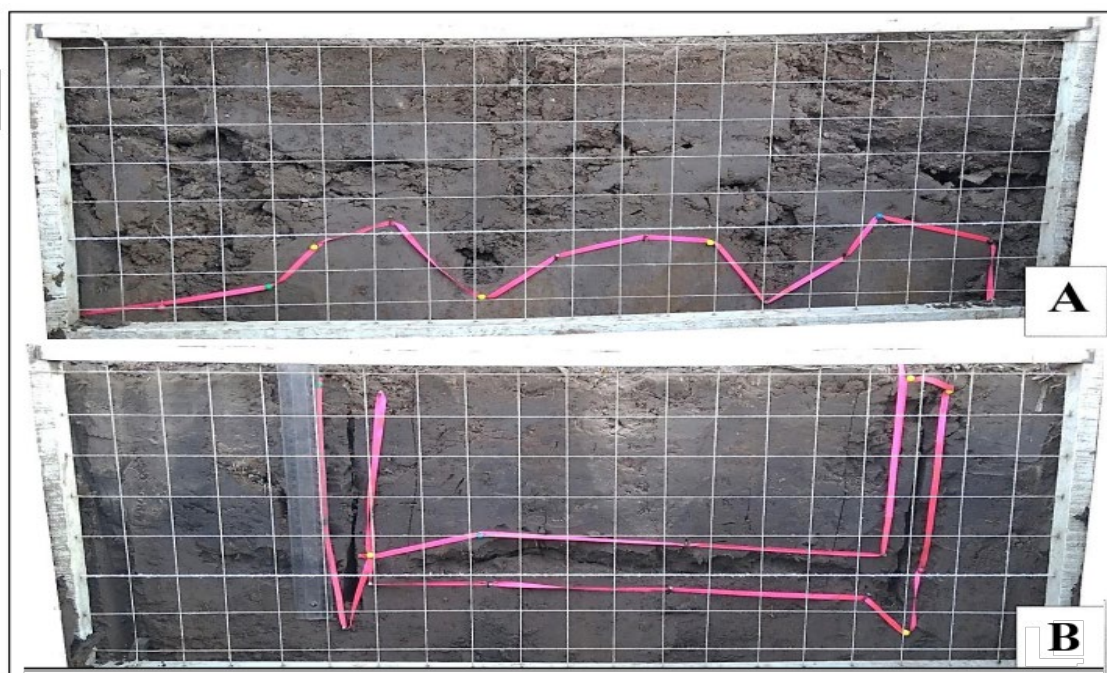
#### **a) Escarificação/subsolagem do solo**

A mobilização mecânica viabiliza a descompactação do solo, aumentando a porosidade de aeração e a redução da resistência à penetração (Coelho et al., 2020a). A escolha do implemento deve levar em consideração a profundidade e a espessura da camada limitante (Figura 2). A utilização de escarificadores tem apresentado resultados promissores. A pequena distância entre hastes (em média 30 cm) associada a uma umidade de solo adequada proporciona a desestruturação do solo de maneira uniforme (linha e entrelinha). O maior desenvolvimento radicular (comprimento e área superficial) e nodulação são o resultado do aumento nos fluxos de oxigênio e água no perfil de solo onde se desenvolvem as raízes (Gubiani et al., 2018; Coelho, 2021). O incremento de produtividade varia de acordo com o ano/precipitação pluvial, cultivar, solo, dentre outros parâmetros. Contudo, em estudos realizados em Terras Baixas do RS, variaram de 10% (Sartori et al., 2015) a 30% (Coelho, 2021) quando comparado ao sistema sem escarificação. Cabe ressaltar que o momento da intervenção deve ser realizado com antecedência à semeadura, de modo que permita a reestruturação do solo, sob pena de quando realizada muito próxima possa reduzir a disponibilidade de água para as plantas e dificultar o tráfego de máquinas em caso de precipitações pluviais.

A subsolagem se diferencia pela maior profundidade de atuação e distância entre as hastes, o que lhe confere como particularidade a maior exigência no quesito umidade do solo. Em trabalho realizado em um Planossolo Háplico por Coelho (2021), mesmo um período de 20 dias sem precipitação pluvial em setembro, não foi suficiente para que o subsolador conseguisse formar o bulbo de mobilização do solo em profundidade, ou seja, não houve desestruturação real na entrelinha das hastes. A menor “janela” de trabalho com umidade adequada nessas áreas hidromórficas é um dos fatores limitantes.

Como ponto positivo, é possível destacar a menor mobilização do solo em superfície.

Por fim, cabe lembrar que a tomada de decisão de usar ou não manejos mais invasivos do solo, bem como a opção entre eles, devem levar em consideração a disponibilidade do equipamento na propriedade, as peculiaridades da camada compactada, a profundidade de horizontes com acúmulo de argila (Bt) e a umidade no momento do manejo.



**Figura 2.** Mobilização do solo em função dos manejos de escarificação e subsolagem estampadas em quadrículas espaçadas 0,05x0,05m. Escarificador Ripper®, 11 hastes espaçadas a 0,3 m (A) e; Subsolador Terrus®, 6 hastes espaçadas 0,6 m (B). Adaptado de: Coelho, 2021.

#### **b) Uso de haste sulcadora (HS) na semeadora-adubadora com possibilidade de adaptações**

Utilizando somente o disco duplo como mecanismo de deposição do fertilizante, é possível obter maior agilidade durante a semeadura, inclusive podendo reduzir nos custos da operação devido a economia de diesel e menor necessidade de potência. Porém, isso é desaconselhável, devido à falta de mobilização do solo e consequentemente, menor crescimento radicular e aumento do diâmetro das raízes (Sartori et al., 2016b).

A utilização de hastes sulcadoras na semeadora, especialmente a 0,23 m de profundidade, aumenta a macroporosidade e reduz a resistência mecânica à

penetração, promovendo melhor desenvolvimento radicular, nodulação, índice de área foliar e produtividade de grãos (Coelho et al., 2020a). Vizzotto (2014) cita que sua utilização a 18 cm de profundidade chega a mobilizar um volume de solo duas vezes maior do que quando comparada ao sistema de disco turbo na deposição do fertilizante. Porém, como consequência há maior desuniformidade no leito de semeadura, bem como, a formação de galerias em profundidade as quais podem prejudicar o estabelecimento inicial da cultura.

Como forma de amenizar tais adversidades, o Grupo de Pesquisa em Arroz Irrigado (GPAI) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) desenvolveu um mecanismo de acomodação do solo (MAS). O equipamento é composto por dois discos em forma de roseta alocados atrás da HS, os quais têm a função de trazer o solo deslocado pelo mecanismo sulcador novamente para a linha de cultivo. Na sequência, possui uma roda compactadora lisa que desempenha a função de reacomodar o solo, eliminando assim galerias deixadas pela HS (Figura 3). A utilização do equipamento mostrou resultados promissores. A redução na amplitude da profundidade de deposição das sementes foi o principal benefício. O MAS, associado a HS, proporcionou a redução da desuniformidade das sementes no leito de semeadura, variando de 2,7 a 5,5 cm de profundidade. Por outro lado, a HS mesmo desenhada e sem o MAS (2 a 10,8 cm) e o disco duplo (2,2 a 7 cm) reduziram significativamente a qualidade do processo de deposição das sementes, o que resultou em um menor índice de velocidade de emergência e população inicial (Coelho, 2021).

Outro ponto a ser observado é o benefício da HS na drenagem da água logo após a semeadura quando ocorrem precipitações pluviais. Conforme se observa na Figura 3, apenas a utilização do disco duplo ou mesmo do disco turbo na deposição do fertilizante não é suficiente para “quebrar” a camada de maior compactação do solo, dificultando o fluxo de água e comprometendo a disponibilidade de oxigênio para a semente em processo de germinação. O apodrecimento de sementes e o ataque de fungos patogênicos são alguns dos reflexos, ocasionando a redução do estande inicial de plantas.



**Figura 3.** Uso de diferentes mecanismos de deposição de fertilizante e sua consequência na estrutura do sulco de semeadura da soja. Detalhe do fechamento de sulco deixado pela haste sulcadora (A); Deposição vertical das sementes com a semeadora com haste sulcadora (HS) e adaptada com o mecanismo de acomodação de solo (MAS) (B); Drenagem em subsuperfície fotografada 5 h após uma precipitação de 34 mm no sistema somente com disco duplo (C) e comparativo sobre as mesmas condições com semeadora com HS +MAS (D); Desuniformidade de deposição vertical das sementes no sistema somente com HS (sem o MAS) (E); Detalhe dos discos em forma de roseta e do disco liso que compõe o MAS (F). Adaptado de: Coelho, 2021.

### c) Sistematização do solo pela “suavização” e implementação do sistema “sulco-camalhão”

A adoção do sistema intitulado como “sulco-camalhão” objetiva dupla função, ou seja, de proporcionar a drenagem em momentos de excesso hídrico e de possibilitar a irrigação por superfície em momentos de déficit hídrico. A implantação é composta por diversas etapas, tais como o levantamento de dados altimétricos, operações de corte e aterro que compõe a “suavização” do terreno,



construção do sulco-camalhão, dentre outras (Bueno et al., 2020). Tanto o levantamento dos dados, como a execução das operações de corte e aterro, até a semeadura, tem sido viabilizado graças a utilização de geotecnologias, como o sistema RTK (Real Time Kinematic) embarcado em tratores agrícolas com piloto automático (Campos et al., 2021).

O uso do sistema sulco-camalhão promove o escoamento rápido do excesso hídrico, proporcionando aeração mais rápida do solo e menor estresse por encharcamento, inclusive a partir de 24 horas após chuvas intensas ou irrigações por superfície. Assim, a formação de camalhões resulta em menor densidade do solo na zona radicular da soja em comparação com o cultivo convencional (del Aguila et al., 2020a). Embora apresente um maior custo de implantação, Cassol et al. (2020) relatam vantagens na adoção do sistema, principalmente quando associados a irrigação com politubos. Estes autores apontam uma produtividade de grãos média no sistema com camalhões de 10% e 9% maior do que no sistema sem camalhões em dois anos agrícolas. Outro relato positivo é da safra 2021/2022, quando o campeão nacional de produtividade de soja na categoria irrigada, utilizou-se do sistema sulco-camalhão para o alcance do feito (CESB, 2022).

É importante frisar que o sulco-camalhão pode ser construído concomitante ao ato de semear, com semeadora especializada chamada “semeadora-camalhoeira”. Devido algumas restrições no quesito operacional como, necessidade de potência dos tratores e de escalonamento de atividades durante a entressafra, esse sistema tem ficado em desuso. Atualmente, o mercado dispõe de diversas marcas de implementos para confecção dos camalhões, chamadas “camalhoeiras”, e assim, tem sido confeccionado em momentos anteriores a semeadura. A pesquisa relata que quando a soja é implantada no camalhão feito concomitantemente à semeadura resulta em melhor desenvolvimento vegetativo em comparação a semeadura sobre sulco-camalhão antecipado. Contudo, a construção antecipada permite maior velocidade de semeadura e maior “resistência” do camalhão ao tráfego de máquinas (SILVA et al., 2021).

Quanto o formato da base e o distanciamento entre camalhões (considerando o centro de cada um) há grande diversidade de opções, desde 0,60 m até 1,35 m, por exemplo. Primeiramente, precisa ser levado em conta a disponibilidade do implemento na propriedade, pois a maioria tem seus espaçamentos ajustáveis. Com isso, o agricultor tem como posicionar conforme o seu maquinário (distância dos rodados do trator e/ou pulverizador, distância das linhas da semeadora, etc.) e também há a possibilidade de considerar as condições edáficas (declividade, profundidade e largura do sulco, umidade durante o preparo, etc.). Já a altura do camalhão varia entre 0,10 m a 0,25 m e tem relação intrínseca com as propriedades físicas do solo, dimensionamento do sistema de irrigação e drenagem, tipo de implemento, bem como, a intensidade do tráfego de máquinas. É recomendável que cada camalhão deva ter no máximo 500 m de comprimento, isso, considerando uma área pouco declivosa (aproximadamente 0,3 %).

O arranjo de plantas é outro aspecto bastante peculiar de cada propriedade, pois o sentido da semeadura pode ser alinhado ao camalhão, ou até mesmo, a 45° (parcialmente perpendicular) ou 90° (totalmente perpendicular) em referência ao sentido do camalhão. Nestes dois últimos casos é frequente que várias plantas de soja fiquem dentro (ou muito próximas) do sulco e estejam em ambiente propício a sua morte por hipóxia. Quando alinhada ao camalhão, geralmente a semeadura dispõe de fileiras duplas ou até triplas, com distanciamento entre fileiras variável (entre 0,15 m e 0,45 m) para que fique equidistante com a base do camalhão. Esse arranjo de plantas tem relação com a população de plantas estabelecidas, pois alguns estudos apontam tendência de aumento de aproximadamente 10 % do recomendável pelo detentor da cultivar.

#### **d) Fertilidade do solo**

No cultivo de arroz irrigado a resposta ao alagamento do solo provoca reações de redução, aumentando o pH (“autocalagem”) e consequentemente, elevando os níveis de alguns nutrientes, especialmente Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg). Esse fato ajuda a explicar as motivações de que alguns orizicultores não utilizam calcário, assim



como, subutilização de macronutrientes como P e K, o que resulta em solos naturalmente deficientes nestes quesitos. Contrariamente, o cultivo da soja necessita de condições que disponham de um solo bem aerado, ou seja, a correção do pH do solo é um dos princípios básicos para o cultivo, associado a um aporte balanceado de nutrientes via adubação.

Diversas publicações técnicas têm se utilizado de referências baseadas em “terras altas” para recomendar adubação para soja cultivada em Terras Baixas (Almeida & Anghinoni, 2018). Scivittaro et al. (2021) realizaram o acompanhamento de algumas áreas nesta condição, buscando investigar aspectos da fertilidade do solo. Os autores observaram grande predominância de solos com característica de pH ácido associado a baixa frequência de adoção da prática de calagem, além da presença de teores limitantes à soja para P e K. Desta forma, os autores consideraram necessário um alto aporte dos nutrientes para o alcance de altas produtividades da cultura. Concenço et al. (2020) fizeram uma análise das recomendações de adubação para soja vigentes para o RS e constataram que o aporte deve ser maior do que está em vigor atualmente nas recomendações de P e K, quando do cultivo em terras baixas. Visando atenuar esses efeitos, Anghinoni e Uhry Jr. (2024) propõe como alternativa a adubação corretiva gradual de 1/3 a cada cultivo (Tabela 1).

**Tabela 1.** Recomendação de adubação fosfatada e potássica para soja em áreas de Terras Baixas, em função da disponibilidade de cada elemento.

Classe de interpretação	Adubação Fosfatada			Adubação Potássica		
	1/3 Corretiva	Manutenção 3,0 t ha <sup>-1</sup>	Total	1/3 Corretiva	Manutenção 3,0 t ha <sup>-1</sup>	Total
	-----kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup> -----			-----kg de K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> -----		
Muito baixo	53	45	98	40	75	115
Baixo	27	45	72	20	75	95
Médio	13	45	58	10	75	85
Alto	0	45	45	0	75	75
Muito Alto	0	≤45		≤45	≤75	≤75

Adicionar 15 e 25 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, por tonelada adicional a ser produzida. Adaptado de: Anghinoni e Uhry Jr. (2024)

Para o nitrogênio, a literatura apresenta alguns resultados que indicam que a fixação biológica do nitrogênio (FBN) é responsável pelo fornecimento de até 85% do total requerido. Alguns autores atribuem a necessidade de complementação via adubação mineral, porém os resultados para o cultivo da

soja em diversos ambientes, incluindo as Terras Baixas, mostram não haver necessidade. O que deve ser preconizado para extração do máximo benefício da FBN é de gerar um ambiente propício para a colonização. Esse ambiente se relaciona com um solo aerado e com pH próximo de 6,0 (Alves et al., 2021). Desta forma, tanto a correção física do solo, por meio de técnicas como subsolagem ou escarificação, planejamento da drenagem do terreno, como a prática da calagem, devem estar presentes (Campos et al., 2021). Também é indispensável a inoculação das sementes com produto à base de *Bradyrhizobium* spp, a qual pode ser feita tanto via tratamento de sementes ou mesmo pulverização no sulco de semeadura. Além da inoculação tradicional, alguns trabalhos têm encontrado resultados positivos da associação com outros gêneros bacterianos por meio da técnica intitulada co-inoculação.

### **Limitações gerenciais e operacionais na execução dos tratos culturais**

Selecionar cultivares com alto potencial produtivo e tolerância ao encharcamento são fatores importantes para construção da produtividade nas Terras Baixas (Bredow et al., 2020). Outro fator importante é implantar a cultura em uma época de semeadura adequada a estas condições ambientais (del Aguila et al., 2020b). De maneira geral, cada propriedade rural estabelece seus quantitativos de área para distribuir entre arroz irrigado e soja em rotação, muito em função dos custos de produção, mas principalmente, do tempo (previsão climática). Assim, em anos de projeção de chuvas acima da média a área de cultivo de soja tem dependência de um eficiente sistema de drenagem, e ao contrário, com projeção de chuvas abaixo da média, há dependência de algum tipo de sistema de irrigação. Considerando as últimas dez safras, houve apenas três períodos de El Niño, que configuram chuvas acima da média (INMET, 2025), fato que reforça a necessidade da irrigação.

Devido à grande infestação de plantas daninhas de difícil controle na cultura do arroz irrigado, aproximadamente 65% dos genótipos utilizados no RS (IRGA, 2025) detém a tecnologia Clearfield® (CL), o que possibilita utilizar herbicidas do grupo químico das imidazolinonas (imazetapir, imazapir e imazapique). Ainda, muitos agricultores recorrem ao uso de doses elevadas na

tentativa de controlar estas plantas daninhas. Essa prática não é sustentável nem recomendada, pois intensifica a persistência dos herbicidas no solo (Ulguim et al., 2019). O residual destes herbicidas usados no arroz irrigado pode prejudicar a soja em sucessão, configurando o chamado “carryover”. Os impactos incluem a ocorrência de sintomas de fitotoxicidade, ou até mesmo, redução nos principais componentes de produtividade (estatura, área foliar, massa de matéria seca e produtividade de grãos) e qualidade das sementes (Fraga et al., 2016; Agostinetto et al., 2018).

Na pós-colheita da cultura do arroz irrigado, frequentemente são utilizadas espécies hibernais como azevém, trevo ou aveia. Dependendo da intensidade e qualidade do preparo de solo, se observa grande dificuldade de estabelecimento destas plantas. O efeito residual das alterações na estrutura física do solo advindos da mobilização, com foco no fluxo de água e oxigênio, podem variar em função do tipo de solo, da profundidade de trabalho, do equipamento e do manejo da área após a intervenção mecânica. De acordo com a literatura, esses benefícios tendem a perdurar por mais tempo quando associados a utilização de plantas de cobertura na entressafra do cultivo de verão (Fin et al., 2018; Coelho, 2021), assim, se configurando como práticas complementares em função de preservar o espaço de armazenamento de água.

#### **a) Manejo integrado visando evitar o carryover de herbicidas**

Visando atenuar os problemas causados pelo residual (carryover) de herbicidas do grupo químico das imidazolinonas há a possibilidade de escolher genótipos de soja menos suscetíveis ou até mesmo, tolerantes. A biotecnologia Cultivance® (CV) apresenta essa característica, como mencionado por Ulguim et al. (2019) que naquela condição de estudo recomendam o uso do cultivar BRS382 CV. O grande problema ocorre pela mínima disponibilidade de genótipos com essa biotecnologia, pois a grande maioria dos principais genótipos encontrados no mercado é enquadrada como não tolerantes (suscetível) a imidazolinonas, como as biotecnologias Roundup Ready® (RR) e de tolerância a sulfonilureias® (STS). Portanto, é altamente recomendável o uso

racional dos herbicidas deste grupo químico na cultura do arroz, no que diz respeito a doses e períodos de carência.

Em áreas com presença do residual as principais estratégias são práticas de preparo do solo que proporcionem a sua aeração por um prolongado período, pois aumentam atividade microbiana aeróbica que é a principal via de degradação orgânica de imidazolinonas (Franchini et al.; 2007). Assim, durante a entressafra é imprescindível que seja feito o preparo antecipado do solo e drenagem da água por meio de drenos bem dimensionados e de manutenção continuada quando assoreados.

#### **b) Utilização de plantas de cobertura visando a semeadura direta**

Devido a sua ecologia “rústica”, as gramíneas são mais frequentemente utilizadas como forrageiras, em especial o azevém visando o pastejo direto, a fenação ou simplesmente a ocupação de área para evitar a infestação de plantas daninhas. A utilização de azevém como planta de cobertura, independentemente da época de fenação ou dessecação pré-semeadura, aumenta a retenção de água no solo. No entanto, em anos de elevada precipitação pluvial, essa retenção pode propiciar o envelopamento da palha e/ou espelhamento do solo. Essas más condições contribuem para redução da população inicial de plantas e da produtividade de grãos da soja, quando comparado ao sistema com pousio (Coelho et al., 2020b).

Como relatado anteriormente, um dos problemas frequentes é o carryover de herbicidas do grupo químico das imidazolinonas que afeta negativamente também o estabelecimento das plantas de cobertura. Isso ocorre, principalmente, pois estas plantas são semeadas em áreas preparadas logo após a colheita do arroz irrigado, e em algumas condições até mesmo, sobre a resteva da cultura (sem nenhum preparo do solo). Para azevém e trevo-branco avaliadas aos 75 e 140 dias após a semeadura, houve decréscimo no estande de plantas principalmente nas áreas onde foram utilizadas durante o cultivo do arroz, doses superiores ao dobro da dose recomendada de herbicidas do grupo químico das imidazolinonas (Ulguim et al., 2019).

É importante frisar que mesmo as plantas de cobertura (aveia, azevém e trigo) tendo um grande potencial de melhora de estrutura de solo devido a robustez de seus sistemas radiculares, não são detectados efeitos dessas plantas em um único ano de cultivo na manutenção dos atributos físicos do solo (Fin et al., 2018). Assim, se entende que mesmo havendo várias limitações, é válida a tentativa em migrar para sistemas conservacionistas. O Sistema Plantio Direto, por exemplo, tem capacidade de proporcionar melhorias nos atributos do solo relacionados à matéria orgânica e fertilidade, aumentando a capacidade de retenção de água e mantendo os níveis de umidade por mais tempo, o que é crucial em períodos de déficit hídrico (Hanke et al., 2022).

### **c) Escolha da época de semeadura e da cultivar**

Atualmente, a época de semeadura estabelecida pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) para o cultivo de soja na região de Terras Baixas (por município) utiliza os parâmetros do cultivo de soja sequeiro (terras altas). As Portarias do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) que estabelecem a política do ZARC fazem a seguinte ressalva: “nos solos de natureza hidromórfica (sujeitos a alagamento) “não são cobertos riscos por inundação (excesso hídrico)”, uma vez que se subentende, nesses casos, à necessidade de escolha de área com sistema de drenagem eficiente e uso de cultivares e sistema de produção específicos” (Brasil, 2025). Portanto, para redução dos riscos climáticos, e acesso às políticas públicas vinculadas ao ZARC, é fundamental a utilização de sistemas com drenagem eficiente e tecnologia associada. Isso, demonstra a necessidade de aprimoramento constante do sistema de cultivo de soja em Terras Baixas.

Levando em consideração o ZARC/MAPA 2025/2026, para um município na região das Terras Baixas, a janela de semeadura da soja pode se estender de outubro a janeiro, dependendo da cultivar, do solo e do risco. A semeadura no início de novembro é frequentemente apontada como a ideal, contribuindo de forma significativa para o potencial produtivo da soja (Bredow et al., 2020). Para a maioria dos genótipos utilizados no ambiente de terras baixas, possuem grupos de maturação relativa (GMR) intermediários (entre 6.1 e 6.8, por exemplo),

portanto, atestando o fato de que as semeaduras em novembro podem ser mais indicadas. Outro fator preponderante diz respeito às projeções de semeadura de arroz feita pelo agricultor, que opta por finalizar a semeadura do arroz irrigado que irá cultivar em sua propriedade para após isso, direcionar esforços à semeadura da soja. No entanto, é importante frisar que semeaduras em novembro correspondem a colheitas em meados de abril e maio, meses que frequentemente dispõe de elevados índices de precipitação pluvial. Esse fato, prejudica a colheita da soja como evidenciado pelos mais de 120 mil hectares que deixaram de ser colhidos no RS na safra 2023/2024 devido as chuvas, representando um percentual médio de perdas de 26% (IRGA, 2025).

Alguns genótipos de soja podem manter a estabilidade de produtividade independentemente da época de semeadura, mesmo quando submetidos a estresses ambientais (del Aguila et al., 2020b). Várias instituições públicas e privadas têm direcionado esforços para desenvolver estudos com cultivares submetidas a períodos diferenciados de inundação (cerca de 24 ou até 48 horas), simulando o excesso hídrico. As avaliações realizadas nos últimos quatro anos pelo IRGA apontam as cultivares BS IRGA 1642 IPRO, BRASMAX Fibra, DM 66i68 RSF IPRO, FTR 3165 IPRO e TMG 2165 IPRO como as mais tolerantes ao excesso hídrico na fase vegetativa (Uhry Jr., 2024). No entanto, todas são sensíveis ao estresse no estabelecimento (germinação e emergência).

De acordo com as recomendações da SOSBAI (2022), existe variabilidade na tolerância da soja ao excesso hídrico após o estabelecimento. Sugere que ao se iniciar o cultivo, pode-se utilizar a cultivar TEC IRGA 6070 RR (maior tolerância ao excesso hídrico, mas com teto produtivo não muito alto). Também, pode ser utilizada a BS IRGA 1642 IPRO, que agrega maior potencial produtivo e mesma tolerância ao excesso hídrico que TEC IRGA 6070 RR. Essas cultivares devem ser preferencialmente utilizadas enquanto persistir os problemas de drenagem e, à medida que esse estresse for mais controlado, pode-se utilizar cultivares com maior potencial produtivo.

Como mencionado anteriormente, o excesso hídrico durante o estabelecimento tem sido um grande limitante nas áreas de Terras Baixas, porém, muitas propriedades rurais já conseguiram dimensionar seus canais de

drenagem para dispor de boas condições para soja. Assim, figuram entre os genótipos mais cultivados nesse ambiente, praticamente os mesmos que se utilizam em “terras altas”, como BMX Valente RR, a BMX Fibra IPRO e a BMX Garra IPRO, respectivamente com 29,5%, 12,6% e 9,6% da área (IRGA, 2025).

#### **d) Irrigação**

Quando a umidade do solo no perfil de 0,00-0,20 m está abaixo de 60% da capacidade de campo, a irrigação aumenta o rendimento de grãos, minimizando os efeitos da camada compactada e do déficit hídrico (Sartori et al., 2015). Esses aumentos podem ser explicados pela maior taxa de exploração radicular. Com o fornecimento de 55 mm no estágio V4 de desenvolvimento das plantas de soja, Sartori et al. (2016b) relatam aumento da área superficial e do volume de raízes. Outro aspecto correlato ao desenvolvimento de raízes é a potencialização da FBN pelo aumento da massa e número de nódulos e a abundância relativa do nitrogênio proveniente de ureídeos (Sartori et al., 2015; Cassol et al., 2020).

Assim, o entendimento atual é de que a presença da irrigação nestes ambientes é imprescindível, podendo ser utilizados diferentes métodos. Prova disso são os trabalhos de Sartori et al. (2015) e Cassol et al. (2020), que trabalharam com irrigação por superfície e Giacomeli et al. (2022) que trabalharam com irrigação por aspersão. O principal resultado em comum entre os autores foi o aumento da produtividade pelo uso da irrigação, com ambos os métodos. Em dois anos agrícolas, a irrigação incrementou a produtividade em 5% ( $203 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e 7% ( $265 \text{ kg ha}^{-1}$ ), respectivamente, em comparação com o tratamento não irrigado (Cassol et al., 2020). Em anos com distribuição de chuvas mais irregulares, a irrigação suplementar aumentou o rendimento da soja em cerca de 36% (Giacomeli et al., 2022).

A irrigação por superfície (sulcos ou faixas) possibilita utilizar da estrutura de captação e condução de água já disponibilizada para o arroz irrigado. Porém, proporciona períodos mais longos de saturação do solo e menor aeração, especialmente em cultivos em áreas mais planas, o que pode causar estresse por excesso de água na soja. Já a irrigação por aspersão (pivô central), permite

irrigações mais frequentes e com lâminas de água menores (8-16 mm, por exemplo), mantendo o teor de água do solo próximo às necessidades da cultura e resultando em melhor aeração do solo e produtividade da água. Porém, a taxa de infiltração da água nesses solos pode ser um fator inviabilizar o sistema por aspersão, exigindo avaliação das propriedades físicas do solo, além do alto custo inicial de aquisição e instalação (Giacomeli et al., 2022).

### **Considerações finais**

Percebe-se que há grande espaço a ser avançado em relação a incremento de produtividade de grãos de soja em ambiente de Terras Baixas. Os avanços conquistados até aqui podem ser atribuídos aos ajustes e refinamentos nas práticas de manejo de solo, como a correção do pH e adubação suplementar, preparo antecipado visando romper camadas compactadas e a adoção de sistemas de produção envolvendo plantas de cobertura. Associado a isso, o aprimoramento de técnicas de drenagem e irrigação se tornam indispensáveis. A integração dessas estratégias de manejo de solo e água, combinada com a implementação de tratamentos culturais adequados é fundamental para superar as limitações intrínsecas dos solos de Terras Baixas e construir o potencial produtivo da soja de forma sustentável. Ainda, há necessidade de implementar maior diversidade de sistemas de produção, integrando a pecuária, outras culturas graníferas, plantas de cobertura, dentre outras; e a constante busca por sistemas mais conservacionistas e de baixo impacto, como no caso da emissão de gases de efeito estufa em sistemas irrigados por inundação; dentre outros.

### **Referências**

AGOSTINETTO, D. et al. Response of soybean cultivars in rotation with irrigated rice crops cultivated in Clearfield® system. **Planta Daninha**, v. 36, e018170991, 2018.

ALMEIDA, D.; ANGHINONI, I. (Org.) **Soja 6000: manejo para alta produtividade em terras baixas**. 2. ed. Porto Alegre/RS: Gráfica e Editora RJR, 2018. 96p.



ALVES, L. A. et al. Biological N<sub>2</sub> fixation by soybeans grown with or without liming on acid soils in a no-till integrated crop-livestock system. **Soil and Tillage Research**, v. 209, e. 104923, 2021.

ANGHINONI, I.; UHRY Jr., D. F. **Recomendações de adubação para soja em terras baixas do RS**. Porto Alegre, RS: Instituto Riograndense do Arroz (Nota Técnica 10). 2024, 1p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Portaria nº 379/2025, de 24 de junho de 2025. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 jun. 2025. Seção 1, p. 43.

BRASIL NETO, E. S. et al. Spatial variability of soil penetration resistance in the lowland area cultivated with soybean. **Ciência Rural**, v.51, n.6, e20200452, 2021.

BREDOW, A. A. et al. Determinant factors for building the soybean yield potential in southern Brazil. **Ciência E Natura**, v. 42, n.1, e27, 2020.

BUENO, M. V. et al. Improving the Drainage and Irrigation Efficiency of Lowland Soils: Land-Forming Options for Southern Brazil. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 146, p. 04020019, 2020.

CAMPOS, A. S.; et al. **Utilização da Tecnologia Sulco-camalhão na Produção de Soja e Milho em Terras Baixas do Rio Grande do Sul**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado (Documentos 506). 2021, 32p.

CASSOL, G. V. et al. Raised seedbeds and irrigation increase the yield of soybean rotated with rice in lowland of Southern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.55, e01398, 2020.

CESB – COMITÊ ESTRATÉGICO SOJA BRASIL. **Case Campeão Categoria Irrigada**. Disponível em: <<https://www.cesbrasil.org.br/case-campeao-sul-safra-21-22/>>. Acesso em: 21 de maio de 2025.

COELHO, L. L. **Manejo do solo para o cultivo de soja em terras baixas**. Santa Maria, 2021. 114f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2021.

COELHO, L. L. et al. Seeding furrow opening mechanisms and the soybean planting in lowland areas. **Ciência Rural**, v. 50, n. 6, e20190870, 2020a.

COELHO, L. L. et al. Ryegrass management in lowland areas on the establishment and development of soybean in succession. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 3, e7002, 2020b.

CONCENÇO, G. et al. **Manejo da soja em terras baixas para alta produtividade**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado (Circular Técnica 207). 2020, 9p.

del AGUILA, L. S. H. et al. Efeito do sistema de cultivo e arranjo de plantas de soja sobre a produtividade de cultivar adaptada ao ambiente de Terras Baixas de clima temperado. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 2571-2584, 2020a.

del AGUILA, L. S. H. del et al. Rio Grande do Sul - REC 101: épocas de semeadura para genótipos de soja. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 654-662, 2020b.

EMYGDIO, B. M.; ROSA, A. P. S. A. da.; OLIVEIRA, A. C. B. de. **Cultivo de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 336p.

FIN, S. S. et al. Duration of the effects of scarification and raised bed associated with vegetation cover on soybean yield on an Alfisol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 11, p. 1230-1238, 2018.

FRAGA, D. S. et al. Morphological and metabolic changes in soybean plants cultivated in irrigated rice rotation and as affected by imazapyr and imazapic herbicides carryover. **Planta Daninha**, v. 37, e 019165375, 2016.

FRANCHINI, J. C. et al. Microbiological parameters as indicators of soil quality under various soil management and crop rotation systems in southern Brazil. **Soil Tillage Research**, v.92, n.1-2, p.18-29, 2007.

GIACOMELI, R. et al. Improving irrigation, crop, and soil management for sustainable soybean production in Southern Brazilian lowlands. **Scientia Agricola**, v. 79, n. 6, p. 1-12, 2022.

GROHS, M; GIACOMELI, R.; FIPKE, G. M. Manejo da cultura da soja em terras baixas. In: MARTIN, T. N.; PIRES, J. L. F.; VEY, R. T. (Org.) **Tecnologias aplicadas para o manejo rentável e eficiente da cultura da soja**. Santa Maria/RS: Editora GR, 2022. p. 321-339.

GUBIANI, P. I. et al. Transpiration Reduction Factor and Soybean Yield in Low Land Soil with Ridge and Chiseling. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, p. 1-14, 2018.

HANKE, D. et al. Produção de soja sob plantio direto e convencional: análise de atributos químicos e físicos do solo. **Revista Cultura Agronômica**, v. 31, n. 2, p. 64-76, 2022.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de Dados Meteorológicos**. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 02 de julho 2025.

IRGA – Instituto Riograndense do Arroz. **Boletim de resultados da safra 2023/24 em terras baixas**: arroz irrigado e soja em áreas de rotação. 2025. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202411/11134631-boletim-de-resultados-irga-safra-2023-24-versao-final.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2025.

MARCHESAN, E. Limitações e possibilidades de soja em áreas de arroz. In: MARTIN, T. N.; PIRES, J. L. F.; VEY, R. T. (Org.) **Tecnologias aplicadas para o manejo rentável e eficiente da cultura da soja**. Santa Maria, RS: Editora GR, p. 341-368, 2022.

MARCHESAN, E. (Org). **Soja em áreas de arroz**: contribuições do GPAi. Santa Maria, RS: Editado pelo organizador, 2020. 272p.

MIURA, K.A.; IRIBARREM, P.C.; CHAVES, R.D.; CUNHA, H.N.; PRANKE, L.V. **Discriminação e Delimitação das Terras Baixas no Estado do Rio Grande do Sul: Primeira Aproximação** (Comunicado Técnico 313). Pelotas, RS: Embrapa, 2015. 12 p.

SARTORI, G. M. S. et al. Rendimento de grãos de soja em função de sistemas de plantio e irrigação por superfície em Planossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 12, p. 1139-1149, 2015.

SARTORI, G. M. S. et al. Sistemas de preparo do solo e de semeadura no rendimento de grãos de soja em área de várzea. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 492-498, 2016a.

SARTORI, G. M. S. et al. Growth and development of soybean roots according to planting management systems and irrigation in lowland areas. **Ciência Rural**, v. 46, n. 9, p. 1572-1578, 2016b.

SCIVITTARO, W. B. et. al. **Manejo da Fertilidade do Solo e Adubação para a Soja em Terras Baixas**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado (Circular Técnica 220). 2021, 10p.

SILVA, et al. Efeito da época de preparo do camalhão no desenvolvimento de plantas de soja em terras baixas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 18913-18921, 2021.

SOSBAI - Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**, 33º Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado e XI Congresso Brasileiro do Arroz Irrigado, 2022. 200p.

THEISEN, G. 2017. **A comprehensive assessment of agriculture in lowlands of south Brazil**: Characterization and comparison of current and alternate concepts. Wageningen University & Research, Wageningen, Holanda (Tese de Doutorado). 2017. 244p.

TIMM, P. de A. et al. Initial Growth and Roots Development of Soybean as Function of Water Availability and Soil Bulk Density. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 16, p.213-22, 2019.

ULGUIM, A. R. et al. Is increasing doses of imazapyr + imazapic detrimental to the main crop rotation alternatives to flooded rice? **Planta Daninha**, v. 37, n.1, e019217913, 2019.

UHRY Jr., D. F. **Estratégias para produtividades altas e estáveis de soja em terras baixas**. Porto Alegre, RS: Instituto Riograndense do Arroz (Nota Técnica 07). 2024, 1p.

VIZZOTTO, V. **Desempenho de mecanismos sulcadores em semeadora-adubadora sobre os atributos físicos do solo em várzea no comportamento da soja**. Santa Maria, 2014. 79f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2014.

## 2. Ata e Artigos da Comissão de Entomologia

A Comissão de Entomologia, tendo como coordenador o Dr. Glauber Renato Stürmer (CCGL/RTC) e relator o Prof. Dra. Crislaine Sartori Suzana Milan (UFSM), reuniram-se no dia 13 e 14 de agosto de 2025, nas dependências da Faculdade de Direito, da Universidade de Passo Fundo. (UPF) em Passo Fundo-RS, contando com a presença dos seguintes participantes:

### 2.1 Participantes

#### 2.1.1 Representantes credenciados

Número	Nome	Instituição
1	Glauber Renato Stürmer	CCGL
2	Jonas André Arnemann	UFSM
3	Crislaine Sartori Suzana Milan	UPF
4	Lucas Haiduki	Fundação ABC

#### 2.1.2 Demais participantes

Segundo lista de presença

### 2.2 Trabalhos apresentados

Número	Título	Apresentador
36756	Eficiência de inseticidas no controle de vaquinha ( <i>Diabrotica speciosa</i> ) na cultura da soja	Glauber Renato Stürmer
35456	Ácaros fitófagos prejudicam a homeostase redox de plantas de soja de forma espacial	Wesley Borges Wurlitzer
35771	Inseticida químico e biológico no controle da mosca branca e seus efeitos sobre a fumagina, desfolha e produtividade da soja	Lucas Haiduki

### 2.3 Trabalho destaque

Número	Título	Apresentador
36756	Eficiência de inseticidas no controle de vaquinha ( <i>Diabrotica speciosa</i> ) na cultura da soja	Glauber Renato Stürmer

### 2.4 Atualizações das indicações técnicas

Revisão e atualização de textos e tabelas.

**Tabela 8.1** Nomenclatura de pragas da soja (atualizar)

**Tabela 8.2** Procedimentos e critérios para monitoramento e tomada de decisão para controle de pragas em soja (atualizar)

**Tabela 8.3** Toxicidade para operadores (retirar)

**Tabela 8.4** Inseticidas/acaricida indicados para o controle de insetos-praga (retirar e incluir texto geral de inseticidas e link do Agrofit/MAPA buscando manter sempre atualizada as indicações técnicas).

**Tabela 8.5** Grupo e mecanismo de ação de inseticidas indicados para o controle de pragas de soja (retirar e incluir texto importância de rotação de grupos químicos e inclusão de link para o IRAC- Brasil, buscando deixar atualizado).

Além disso será criado um passa-a-passo ilustrativo para a busca das informações.

## **2.5 Necessidades e prioridades de pesquisa**

Realização de trabalhos para reavaliação dos índices de área foliar da soja e impactos nos critérios para controle de pragas e características das cultivares. Considerando que já é uma sugestão antiga e que é uma necessidade urgente.

Revisão, atualização e inclusão do nível de controle de insetos-praga de acordo com as últimas publicações científicas sobre o tema.

Criação de um grupo de pesquisa com o intuito de avaliar a relação do índice de área foliar (IAF) com aspectos relacionados a pragas. Reunir informações já existentes na possibilidade de na próxima reunião sugerir alterações nas indicações técnicas.

## **2.6 Proposições apresentadas**

Os representantes das instituições CCGL, UFSM e UPF chegaram a um consenso de necessidade de atualização dos níveis de controle de insetos-praga. Essas instituições se comprometem a preparar e organizar uma nova proposta que será apresentada na próxima reunião da soja.

Os representantes das instituições CCGL, UFSM e UPF firmam parceria de trabalho de pesquisa buscando por redes de pesquisa com foco em gerar resultados aplicados nas demandas da região sul.

## **2.7 Resumos expandidos**

## **Eficiência de inseticidas no controle de vaquinha (*Diabrotica speciosa*) na cultura da soja**

Glauber Renato Stürmer<sup>(1)</sup>, Claudete Luciane Teixeira<sup>(2)</sup>, Geomar Mateus Corassa<sup>(3)</sup>, Willian de Almeida Barilli<sup>(2)</sup>, Delmar Beck dos Santos<sup>(2)</sup>, Leonardo Andrei Graminho Tassi<sup>(2)</sup> e Cassiano Vila Nova da Silva<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Pesquisador, CCGL, Cruz Alta, RS. <sup>(2)</sup> Assistente Técnica de Pesquisa, CCGL, Cruz Alta, RS. <sup>(3)</sup> Gerente Técnico de Pesquisa, CCGL, Cruz Alta, RS.  
(\*) glauber.sturmer@ccgl.com.br

**Resumo** – A vaquinha (*Diabrotica speciosa*) é uma praga importante da cultura da soja, cujo dano ocorre principalmente na fase adulta, através da alimentação em folhas, flores, legumes e racemo. Nos últimos anos, esta espécie tornou-se de maior relevância econômica devido à mudança de hábito alimentar, intensificando seu ataque a estruturas reprodutivas da planta. Seu controle é dificultado pelo fato de que fases importantes de seu ciclo de vida (ovo, larva e pupa) ocorrem no solo. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência de inseticidas no controle de adultos de *D. speciosa* em soja. O experimento foi conduzido em condição de semicampo, com aplicação dos produtos a campo e posterior avaliação em laboratório. Os inseticidas Pirate, Talisman, Karate Zeon e Buldock (250 mL/ha) apresentaram as maiores eficiências, com até 100% de controle. Os dados apontam a importância do uso de estratégias integradas e aplicações sequenciais para o controle eficaz da praga.

**Termos para indexação:** *Glycine max*, *Diabrotica speciosa*, controle químico, manejo de pragas.

**Abstract** – The cowpea (*Diabrotica speciosa*) is an important pest of soybean crops, whose damage occurs mainly in the adult phase, through feeding on leaves, flowers and legumes. In recent years, this species has become more economically relevant due to changes in its feeding habits, intensifying its attack on the reproductive structures of the plant. Its control is made difficult by the fact that important phases of its life cycle (egg, larva and pupa) occur in the soil. The objective of this study was to evaluate the efficiency of insecticides in controlling adults of *D. speciosa* in soybean. The experiment was conducted in semi-field conditions, with application of the products in the field and subsequent evaluation in the laboratory. The insecticides Pirate, Talisman, Karate Zeon and Buldock (250 mL/ha) showed the highest efficiencies, with up to 100% control. The data indicate the importance of using integrated strategies and sequential applications for effective pest control.

**Index terms:** *Glycine max*, *Diabrotica speciosa*, chemical control, pest management.

## Introdução

A agricultura moderna enfrenta constantes desafios impostos por pragas que comprometem a produtividade das culturas, exigindo o desenvolvimento de estratégias eficientes e sustentáveis de manejo. Dentre essas pragas, a vaquinha (*Diabrotica speciosa* Germar, 1824), um inseto coleóptero da família Chrysomelidae, destaca-se pela sua ampla distribuição geográfica e elevado potencial de dano em diversas culturas agrícolas na América do Sul, especialmente no Brasil, Argentina e Paraguai (SILVA et al., 2021; CABRERA WALSH et al., 2020). Trata-se de uma espécie polífaga, cujos adultos alimentam-se de folhas, flores e estruturas reprodutivas de plantas como soja, milho, feijão e batata, enquanto as larvas desenvolvem-se no solo, onde atacam as raízes, reduzindo a absorção de água e nutrientes, o que compromete o crescimento das plantas e pode causar a morte de plântulas em estádios iniciais (FERREIRA et al., 2022; OLIVEIRA et al., 2020).

Na cultura da soja, os adultos de *D. speciosa* causam desfolha e raspagens, mas os maiores prejuízos estão associados à alimentação em botões florais, flores e vagens jovens, interferindo diretamente na formação de grãos e na produtividade final. A praga é favorecida por sistemas de cultivo intensivo, presença de plantas hospedeiras ao longo do ano e ausência de estratégias integradas de manejo (SANTOS et al., 2023). Além disso, práticas como o cultivo contínuo de soja e milho em sucessão favorecem o estabelecimento de populações persistentes, elevando os níveis de infestação de uma safra para outra.

O controle químico é, atualmente, a principal medida utilizada para mitigar os danos causados pela vaquinha, devido à sua praticidade e rápida ação. No entanto, sua eficácia pode variar conforme o ingrediente ativo, a dose, o modo de aplicação, as condições climáticas e o estágio de desenvolvimento do inseto (LOPES et al., 2021). Outro fator que dificulta o controle efetivo é a fase subterrânea do ciclo de vida da praga, em que as larvas ficam protegidas do contato direto com os produtos aplicados. Além disso, o uso repetido e intensivo de inseticidas pode favorecer o surgimento de populações resistentes,

acarretando falhas no controle e necessidade de aplicações mais frequentes (GODOY et al., 2023).

Diante desse cenário, estudos que avaliem a eficiência de inseticidas no controle de adultos de *D. speciosa* são essenciais para embasar recomendações técnicas no âmbito do Manejo Integrado de Pragas (MIP). Avaliações experimentais permitem a identificação de moléculas eficazes e o desenvolvimento de estratégias de rotação e combinação de modos de ação, contribuindo para a sustentabilidade do manejo químico e a redução do impacto ambiental. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de diferentes inseticidas no controle de *Diabrotica speciosa* em soja, na safra 2024/2025, com base em parâmetros de controle dos produtos testados.

### Material e métodos

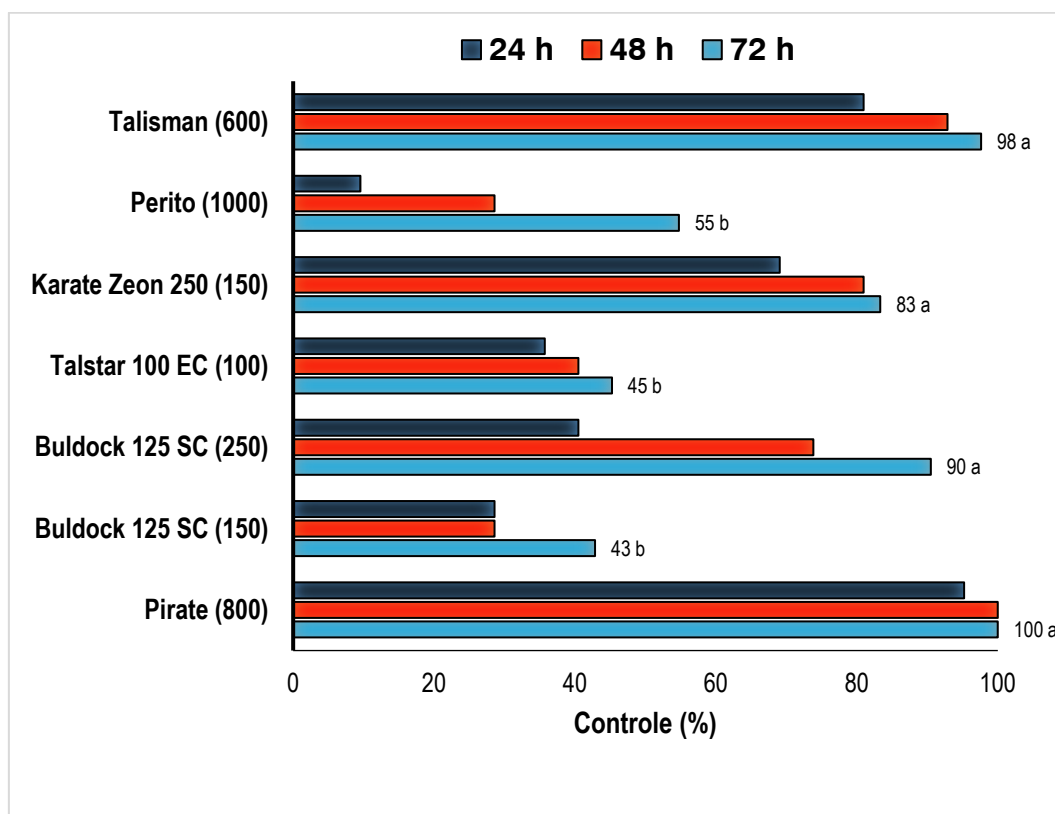
O experimento foi conduzido no campo experimental da CCGL, Cruz Alta (RS), com a cultivar de soja BMX Torque. A semeadura foi realizada em 18/12/2024, com emergência em 26/12/2024. Nos tratamentos foram utilizados os inseticidas Talisman (600 ml/ha), Karate Zeon (150 ml/ha), Bulldock 125 SC (250 ml/ha), Pirate (800 ml/ha), Perito (1000 gr/ha), Talstar (150 ml/ha) e Bulldock 125 SC (150 ml/ha). Os insetos adultos de *Diabrotica speciosa* utilizados foram coletados em plantas de milho da área experimental. A aplicação dos tratamentos ocorreu em 19/01/2025, com pulverizador costal pressurizado a CO<sub>2</sub> e volume de calda de 150 L/ha. Após 30 minutos, os folíolos de soja foram coletados e colocados em placas de petri com sete insetos adultos cada, em seis repetições por tratamento. Avaliações de mortalidade foram realizadas 24, 48 e 72 horas após a infestação. Os dados foram analisados por ANOVA e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), com eficiência de controle calculada pela fórmula de Abbott.

### Resultados e discussão

Os resultados observados indicam variações significativas na eficácia dos inseticidas testados no controle da vaquinha. Os produtos Pirate (800 mL/ha), Talisman (600 mL/ha), Bulldock 125 SC (250 mL/ha) e Karate Zeon 250 CS (150 mL/ha) apresentaram os maiores índices de controle, com eficiências de 100%,



98%, 90% e 83%, respectivamente. Em contrapartida, os produtos Perito, Talstar e Buldock (150 mL/ha) resultaram em controle abaixo de 60%, com 55%, 45% e 43%, respectivamente.



\*Produtos na dose de mL/ha. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Figura 1.** Eficiência de inseticidas no controle de Vaquinha (*Diabrotica speciosa*) na cultura de soja. CCGL – Cruz Alta/RS, safra 2024/2025.

Esses dados evidenciam a variabilidade na eficácia dos princípios ativos e formulações utilizadas; e a complexidade do controle químico da praga que possui um ciclo de vida que alterna entre fases adultas epígeas (acima do solo) e larvas endófitas. Segundo Silva et al. (2021), o controle químico é mais eficiente sobre os adultos, exigindo monitoramento rigoroso e aplicações bem programadas para coincidir com os picos populacionais. O baixo desempenho de inseticidas como Talstar e Perito pode estar relacionado à sua menor ação de choque ou residualidade reduzida. Além disso, Gallo et al. (2002) destacam que a eficácia de inseticidas piretroides e organofosforados pode ser comprometida em populações com histórico de exposição contínua, favorecendo

resistência. Isso pode justificar a menor eficiência observada para o Bulldock na dose de 150 mL/ha.

O excelente desempenho de Pirate (Clorfenapir) e Talisman (Acetamiprido + Bifentrina) sugere que produtos com modos de ação diferentes ou mistos têm maior potencial de controle, como apontado por Vargas et al. (2020). O Karate Zeon (Lambda-cialotrina) também apresentou desempenho satisfatório, e a tecnologia de encapsulamento prolonga a liberação do ingrediente ativo, aumentando o tempo de ação e resistência à degradação (Farias et al., 2004).

O desafio no controle de *D. speciosa* também reside em seu comportamento crítico. Como ressaltado por Marques et al. (1999), a fase larval no solo dificulta o alcance do inseticida, sendo necessário empregar táticas preventivas como tratamento de sementes, armadilhas atrativas e monitoramento populacional.

Os dados reforçam a necessidade de estratégias integradas de manejo (MIP), associando diferentes mecanismos de ação, alternância de produtos, tratamentos preventivos e controle cultural. Autores como Barros et al. (2020) e Cruz et al. (2008) recomendam que programas de manejo levem em consideração não apenas o controle imediato, mas a preservação da eficácia dos produtos a longo prazo.

## Conclusões

Os inseticidas Pirate, Talisman, Bulldock (250 mL/ha) e Karate Zeon demonstraram alta eficiência no controle da vaquinha. Aplicações sequenciais e estratégias de manejo integrado são recomendadas para melhores resultados no controle desta praga na cultura da soja.

## Referências

- ÁVILA, C. J.; PARRA, J. R. P. Desenvolvimento de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) em diferentes hospedeiros. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 5, p. 739-743, 2002.
- ÁVILA, C. J.; TABAI, A. C. P.; PARRA, J. R. P. Ecologia, comportamento e bionomia: comparação de técnicas para criação de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) em dietas natural e artificial. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 257-267, 2000.
- BARROS, E. M. et al. (2020). Manejo integrado de pragas: fundamentos e aplicações. Embrapa Meio-Norte.
- CABRERA WALSH, G. et al. Distribution and management of *Diabrotica speciosa* in South America. **Insects**, v. 11, n. 11, p. 421, 2020.
- COSTA, L. A.; FERREIRA, E. B.; GONÇALVES, L. S. Impacto de *Diabrotica speciosa* na soja: alterações no comportamento alimentar e consequências econômicas. **Revista Brasileira de Entomologia**, 65 (3), 201–208, 2021.
- CRUZ, I. Manejo de pragas da cultura do milho. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A.; MAGALHÃES, P. C. **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa, cap. 12, 1. ed, p. 302-362, 2008.
- FARIAS, J. R.; PEREIRA, E. J. G.; SILVA, J. P. Eficiência de inseticidas no controle de coleópteros-praga da soja. **EntomoBrasilis**, 13 (1), 10–17, 2020.
- GALLO, D. et al. **Entomologia Agrícola: pragas e seu controle**. FEALQ, Piracicaba, 2002.
- HAJI, N. F. P. Biologia, dano e controle do adulto de *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae) na cultura da batatinha (*Solanum tuberosum* L.). 1981. 53 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.
- LAUMANN, J. O.; RODINI, E. S. O.; GRAZIA, J. Abundância de algumas espécies de insetos (Coleoptera e Hemiptera) em soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no município de Aguai, SP. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1., Londrina, 2003. **Anais**, v2. p.17-22.
- MARQUES, G. B. C.; ÁVILA, C. J.; PARRA, J. R. P. Danos causados por larvas e adultos de *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) em soja.

**Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 11, p. 1983-1986, 1999.

MOURA, L. L.; SANTOS, G. L.; CARDOSO, D. F. Avaliação da eficácia de produtos químicos e biológicos no controle de *Diabrotica speciosa*. **Revista Agropecuária Técnica**, 42 (2), 34-40, 2021.

TINOCO, T. J.; DA SILVA, P. L.; DA ROCHA, A. P. S. Manejo integrado de pragas e doenças em sistemas agrícolas. **Revista Contemporânea**, 3 (11), 22675–22697, 2023. <https://doi.org/10.56083/RCV3N11-135>

VARGAS, E. R.; GARACIA, F. R. M.; ZANELLA, V. J. Avaliação de inseticidas no controle de adultos de *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) em lavoura de feijoeiro. **Revista Biociência**, Taubaté, v. 10, n. 3, p. 111-114, 2004.

## Ácaros fitófagos prejudicam a homeostase redox de plantas de soja de forma espacial

Wesley Borges Wurlitzer<sup>(1\*)</sup>, Julia Renata Schneider<sup>(2)</sup>, Maria Goreti de Almeida Oliveira<sup>(3)</sup> e Noeli Juarez Ferla<sup>(4)</sup>

(1) Estudante de doutorado, PPG Biotecnologia, Univates, Lajeado RS. (2) Pesquisadora. Univates, Lajeado RS e UFV, Viçosa MG. (3) Professora e Pesquisadora. Bolsista CNPq Bioagro UFV, Viçosa MG. (4) Professor e Pesquisador. Bolsista CNPq, Univates, Lajeado RS.

(\*)wesleeywurlitzer@gmail.com

**Resumo** – Infestações de *Tetranychus ludeni* vêm sendo relatadas com frequência em cultivos de soja, tornando essencial compreender como a oscilação da homeostase redox pode refletir os níveis de estresse nas plantas. No entanto, os efeitos desse ácaro no metabolismo redox da soja ainda são desconhecidos. Neste estudo, testamos a hipótese de que a infestação por *T. ludeni* pode desencadear uma resposta modular da homeostase redox de acordo com o tempo de infestação e a cultivar. Para isso, plantas das cultivares Monsoy (grupo de maturação 5.7) e Brasmax (grupo 6.3), mantidas em ambiente controlado, foram infestadas e avaliadas após 14 e 24 dias. A distribuição dos ácaros variou nas plantas ao longo do tempo, promovendo aumento da atividade de ascorbato peroxidase e catalase, especialmente na Monsoy, o que reduziu os níveis de peróxido de hidrogênio e superóxido, prevenindo a peroxidação lipídica na região apical de ambas as cultivares. Por outro lado, na região basal, a Brasmax apresentou senescência foliar após 24 dias, associada ao acúmulo de espécies reativas de oxigênio e perda da integridade de membrana. Concluímos que a infestação por *T. ludeni* afeta de forma complexa o metabolismo redox da soja.

**Termos para indexação:** *Glycine max*, *Tetranychus ludeni*, antioxidantes, estresse oxidativo.

**Abstract** – *Tetranychus ludeni* infestations have been frequently reported in soybean crops, highlighting the need to understand how redox homeostasis fluctuations reflect plant stress levels. However, the effects of this mite on soybean redox metabolism remain unknown. In this study, we tested the hypothesis that *T. ludeni* infestation can trigger a modular redox homeostasis response depending on infestation duration and cultivar. For this, soybean plants from the Monsoy (maturity group 5.7) and Brasmax (maturity group 6.3) cultivars, grown under controlled conditions, were infested and evaluated after 14 and 24 days. Mite distribution varied within plants over time, promoting increased activity of ascorbate peroxidase and catalase, especially in Monsoy, which reduced hydrogen peroxide and superoxide levels, preventing lipid peroxidation in the apical region of both cultivars. In contrast, in the basal region, Brasmax showed signs of foliar senescence after 24 days, associated with the accumulation of reactive oxygen species and loss of membrane integrity. We conclude that *T. ludeni* infestation has a complex impact on soybean redox metabolism.

**Index terms:** *Glycine max*, *Tetranychus ludeni*, antioxidants, oxidative stress.

## **Introdução**

*Tetranychus ludeni* vem ganhando atenção, devido a sua crescente ocorrência nas lavouras de soja (Reichert et al., 2024). A oscilação da homeostase é considerada um bom indicador de estresse para as plantas (Silveira & Sousa, 2024), sendo imprescindível que o contexto multimodulo e espaço-temporal seja levado em conta, já que esta oscilação apresenta uma gama de variações, de acordo com cada modulo/nível organizacional (organelas, células, folha, caule, fruto ou raiz), tempo e genótipos (Silveira & Sousa, 2024). Não restam dúvidas de que as infestações de ácaros fitófagos causam estresse na homeostase redox de suas plantas hospedeiras, resultando em maiores níveis de EROs, estresse oxidativo, dano de membrana, morte celular e em alguns casos impactos na fotossíntese. Até o momento, a maior parte dos estudos envolvendo a resposta da homeostase redox em plantas infestadas por ácaros fitófagos, não levaram em consideração o fato dos ácaros se deslocarem dentro das plantas, a procura por alimento e dispersão (Wurlitzer et al., 2024).

Levando em conta a carência dessas informações, e principalmente a crescente ocorrência das infestações de *T. ludeni* nos cultivos de soja atrelada a inexistência de estudos envolvendo a resposta fisiológica destas plantas nesta interação, investigamos a hipótese de que este ácaro é capaz de causar estresse na homeostase redox de forma modular espacial, variando entre diferentes tempos de infestação e diferentes cultivares.

## **Material e métodos**

A criação estoque de *T. ludeni* foi iniciada a partir de fêmeas oriundas de lavouras de soja localizadas no município de Muitos Capões, região norte do estado do Rio Grande do Sul. As cultivares Monsoy - M6100XTD e Brasmax - CROMO TF IPRO, foram utilizadas para o experimento. Para a infestação das plantas, vinte formas móveis de *T. ludeni* oriundas da criação estoque foram transferidas com o uso de um pincel de ponta fina para as folhas trifoliadas de cada planta em estágio V2 (Fehr & Caviness, 1977).

Todo o experimento consistiu de 24 unidades experimentais, sendo cada unidade experimental constituída por um vaso contendo três plantas de soja. Doze unidades foram destinadas para as plantas controle (CT) e as demais para as plantas infestadas por *T. ludeni* (IT). Nas 12 unidades experimentais infestadas com *T. ludeni*, seis pertenceram a cultivar Monsoy - M6100XTD, e seis a Brasmax - CROMO TF IPRO. Dentre as seis unidades experimentais, três foram para a avaliação aos 14 dias após a infestação (dpi), e as outras três aos 24 dpi, quando apresentavam os seguintes estádios fenológicos: V7 (sete nós) e V10 (10 nós) (Fehr & Caviness, 1977).

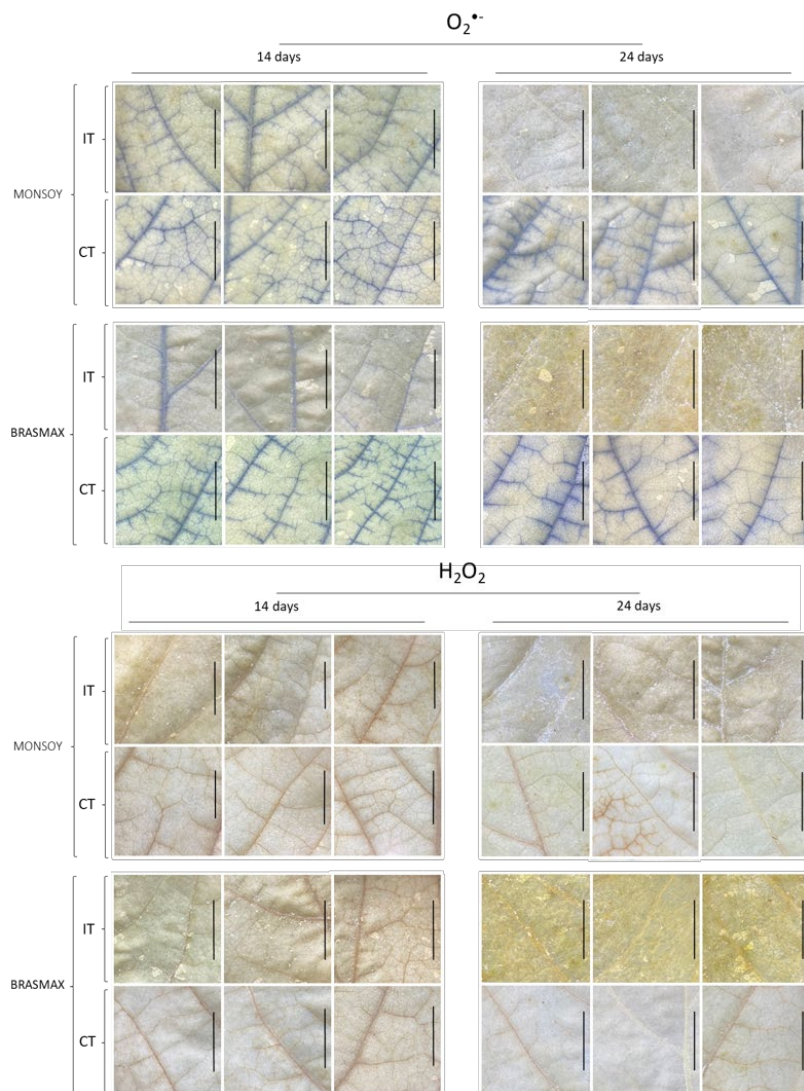
O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, esquema trifatorial (2 x 2 x 2), sendo os fatores: cultivar (Monsoy - M6100XTD e Brasmax - CROMO TF IPRO), ácaro (controle e infestada) e tempo avaliado (14 e 24 dpi). Região basal: A localização histoquímica *in situ* de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e superóxido (O<sub>2</sub><sup>•-</sup>) foi determinada de acordo com a metodologia de (Shi et al., 2010). Região apical: A quinta e a sexta folha trifoliada das três plantas de cada unidade experimental foram utilizadas para a avaliação aos 14 dpi, enquanto que para a avaliação, aos 24 dpi, foram avaliadas a sétima e a oitava folhas trifoliadas.

O peso foi considerado como a massa fresca (MF). A concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> foi determinada de acordo com a metodologia de Loreto & Velikova (2001). A atividade da superóxido dismutase (SOD, EC: 1.15.1.1), catalase (CAT, EC: 1.11.1.6), ascorbato peroxidase (APX, EC: 1.11.1.11) e glutathione S-transferase (GST, EC 2.5.1.13), foram determinadas conforme proposto por Del Longo et al. (1993), Cakmak & Marschner (1992), Nakano & Asada (1981) e Dalton et al. (2009). Os dados foram submetidos à ANOVA, com testes de normalidade e homocedasticidade. Médias foram comparadas por Tukey (p<0,05).

## Resultados e discussão

A análise para localização histoquímica *in situ*, indicou o acúmulo de O<sub>2</sub><sup>•-</sup> e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, para as folhas trifoliadas basais das plantas Brasmax nos diferentes tempos de infestação (Figura 1). Por outro lado, nas folhas trifoliadas basais de Monsoy IT, embora o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> tenha sido acumulado nos diferentes tempos de infestação, interessante, o acúmulo de O<sub>2</sub><sup>•-</sup> ocorreu apenas aos 24 dpi. É bem compreendido que O<sub>2</sub><sup>•-</sup> é dismutado em H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pela ação de SOD, durante a

homeostase redox (Mittler, 2017), e, portanto, a menor ação desta enzima para as folhas trifoliadas da região basal de Brasmax IT, poderia justificar a alta concentração de  $O_2^{\bullet-}$ .

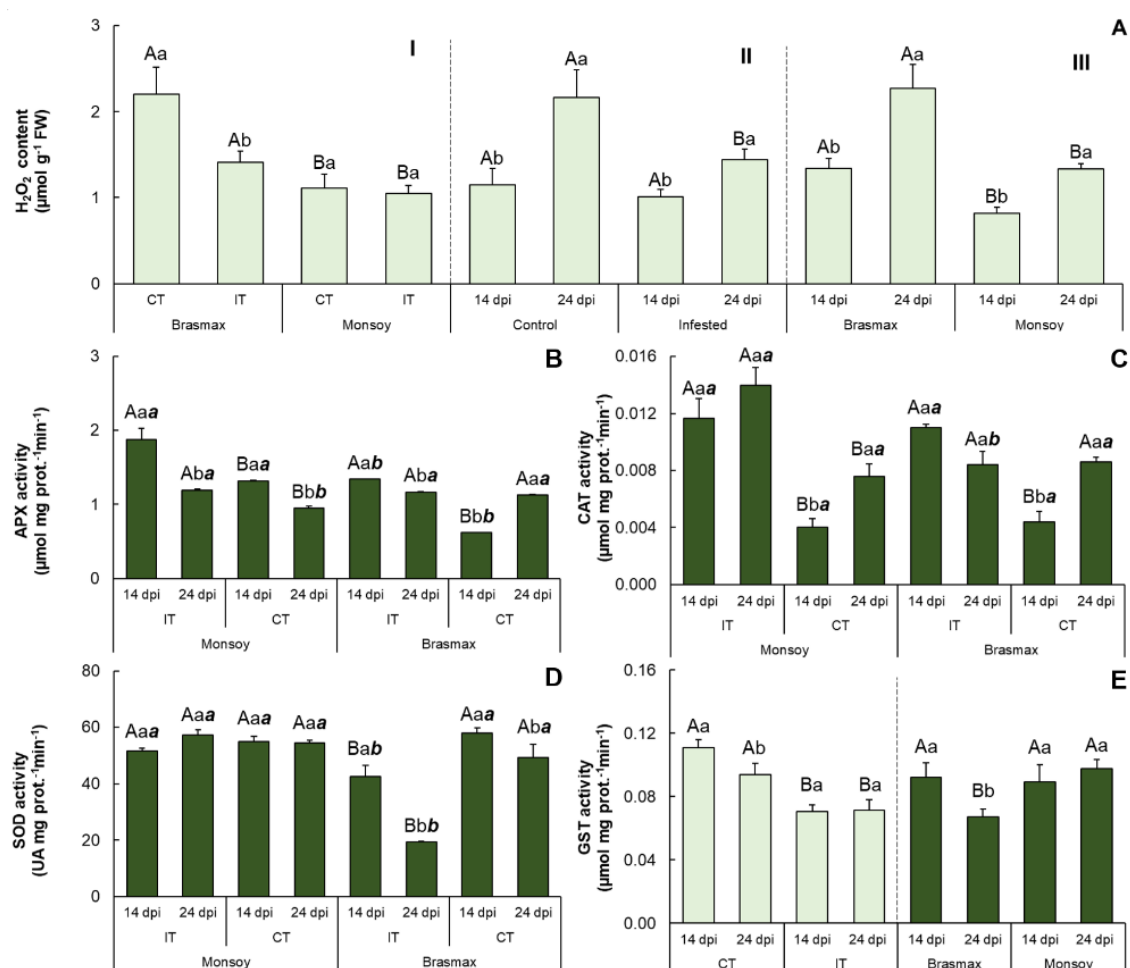


**Figura 1.** Acumulo de EROs provocada pela infestação de *Tetranychus ludeni* na região basal de plantas de soja. Coloração histoquímica *in situ* de  $H_2O_2$  detectado por nitro blue tetrazolium (NBT) e  $O_2^{\bullet-}$  por diaminobenzidine (DAB), da segunda folha trifoliada de plantas controle (CT) e infestadas (IT) de Brasmax e Monsoy, durante 14 e 24 dias após a infestação (dpi). A barra na figura indica 0,5 cm. Cada imagem é um representante de três unidades experimentais.

Níveis menores ou iguais de  $O_2^{\bullet-}$  e  $H_2O_2$  entre plantas IT e CT, e cultivares, foram encontrados para a região apical, Figura 2A e B. As células vegetais sob estresse, além das EROs serem produzidas por algumas organelas, como cloroplastos e mitocôndrias, a enzima NADPH oxidase, presente na membrana plasmática, gera o  $O_2^{\bullet-}$ , que é convertido em  $H_2O_2$  pela atividade da SOD (Mittler,



2017). Arelado a isso, as EROs apresentam tempos de  $\frac{1}{2}$  vida curto (Mittler, 2017), indicando assim que os níveis de  $H_2O_2$ , muito provavelmente foram maiores para a região apical das plantas infestadas, nos momentos iniciais da infestação.



**Figura 2.** O metabolismo redox da região apical de plantas de soja infestadas é sustentado por enzimas antioxidantes. Fatores: ácaro (controle – CT, infestada – IT), tempo (14 e 24 dias) e cultivar (Brasmax e Monsoy). Barras verticais indicam  $\pm$  erro padrão.  $H_2O_2$  (A-I): letras minúsculas indicam diferenças entre ácaro dentro da cultivar; maiúsculas, entre cultivares dentro do ácaro.  $H_2O_2$  (A-II): minúsculas, entre tempo dentro do ácaro; maiúsculas, entre ácaro dentro do tempo.  $H_2O_2$  (A-III): minúsculas, entre tempo dentro da cultivar; maiúsculas, entre cultivares dentro do tempo. APX, SOD e CAT (B, C, D): minúsculas indicam diferenças entre tempo dentro do ácaro; maiúsculas, entre ácaro dentro da cultivar; minúsculas em negrito, entre cultivares nos níveis de ácaro e tempo. GST (E): verde claro – minúsculas, entre tempo dentro do ácaro; maiúsculas, entre ácaro dentro do tempo. Verde escuro – minúsculas, entre tempo dentro da cultivar; maiúsculas, entre cultivares dentro do tempo. Teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Em relação a antioxidantes enzimáticos, Figura 2B, C, e D, além da SOD que atua na linha de frente dismutando o  $O_2^{\cdot-}$  em  $H_2O_2$  como já mencionado (Mittler, 2017), a CAT e APX atuam como importantes peroxidases convertendo o  $H_2O_2$  em  $H_2O$  ou  $O_2$ . Nossos resultados indicam que CAT e APX apresentaram maior atividade para as plantas IT, em ambas as cultivares. Curiosamente, estas enzimas também apresentaram maior atividade para as plantas Monsoy IT, em relação as Brasmax. Para (Javadi Khederi et al., 2018), maior atividade de CAT e SOD em cultivares de *Vitis viníferas* L. indicaram índices de tolerância à infestação de *Colomerus vitis* (Pagenstecher). Desta forma, uma os achados deste estudo indicam fortemente uma maior tolerância de Monsoy.

As GSTs são responsáveis por transformar xenobióticos, em novos compostos menos tóxicos em relação ao inicial. Levando em conta que para se alimentar os ácaros liberam diversos compostos que interferem na resposta imunológica da planta hospedeira (Wurlitzer et al., 2024), a infestação de *S. oryzae* induziu atividade de GST em plantas de arroz (Blasi et al., 2017), e os autores relacionaram fortemente com a possibilidade desta espécie liberar compostos xenobióticos. A partir dos nossos resultados, consideramos que *T. ludeni* também libere compostos xenobióticos, porém, de uma forma inusitada, isso porque, a infestação reduziu a atividade de GST na planta hospedeira (Figura 2E). Consideramos que essa redução, provavelmente esteja envolvida na capacidade do ácaro inibir a atividade.

## Conclusões

- Estresse redox espacial: *T. ludeni* causa alterações que variam ao longo do tempo e entre regiões da planta, com mais estresse na base e homeostase no ápice.
- Tolerância diferencial: Brasmax foi mais sensível, enquanto Monsoy apresentou maior eficiência antioxidante e tolerância ao ácaro.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro e bolsas de pesquisa (CNPq Nº 310146/2023-2), à CAPES, à UNIVATES pelo suporte à pesquisa.

## Referências

- BLASI, É.A.R. et al. High infestation levels of *Schizotetranychus oryzae* verely affects rice metabolism. **Journal of Plant Physiology**, v. 219, p. 100-111, 017.
- CAKMAK, I.; MARSCHNER, H. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase, and glutathione reductase in bean leaves. **Plant physiology**, v. 98, n. 4, p. 1222-1227, 1992.
- DALTON, D.A. et al. Physiological roles of glutathione S-transferases in soybean root nodules. **Plant physiology**, v. 150, n. 1, p. 521-530, 2009.
- DEL LONGO, T. et al. Antioxidant defences under hyperoxygenic and hyperosmotic conditions in leaves of two lines of maize with differential sensitivity to drought. **Plant and cell physiology**, v. 34, n. 7, p. 1023-1028, 1993.
- FEHR, W.; CAVINESS, C. Stages of soybean development. 1977.
- JAVADI KHEDERI, S. et al. Influence of the erineum strain of *Colomerus vitis* (Acari: Eriophyidae) on grape (*Vitis vinifera*) defense echanisms. **Experimental and Applied Acarology**, v. 75, p. 1-24, 2018.
- LORETO, F.; VELIKOVA, V. Isoprene produced by leaves protects the photosynthetic apparatus against ozone damage, quenches ozone products, and reduces lipid peroxidation of cellular membranes. **Plant Physiology**, v. 127, n. 4, p. 1781-1787, 2001.
- MITTLER, R. ROS are good. **Trends in plant science**, v. 22, n. 1, p. 11-19, 2017.
- NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant and cell physiology**, v. 22, n. 5, p. 867-880, 1981.
- REICHERT, M. B. et al. Impacts of cultivar and management practices on the diversity and population dynamics of mites in soybean crops. **Experimental and Applied Acarology**, v. 92, n. 1, p. 41-59, 2024.
- SHI, J. et al. Spermine pretreatment confers dehydration tolerance of citrus in vitro plants via modulation of antioxidative capacity and stomatal response. **Tree Physiology**, v. 30, n. 7, p. 914-922, 2010.
- SILVEIRA, A.G.; SOUSA, R.H.V. Looking for a systemic concept and physiological diagnosis of a plant stress state. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 36, n. 3, p. 523-533, 2024.
- WURLITZER, W.B. et al. From Signaling to Stress: How Does Plant Redox Homeostasis Behave under Phytophagous Mite Infestation? **International Journal of Plant Biology**, v. 15, n. 3, p. 561-585, 2024.

## **Inseticida químico e biológico no controle da mosca branca e seus efeitos sobre a fumagina, desfolha e produtividade da soja**

Lucas Haiduki<sup>(1\*)</sup>, Elderson Ruthes<sup>2</sup> e William Iordi dos Anjos<sup>3</sup>

(1) Pesquisador, Fundação ABC para a Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, Castro, PR. (2) Coordenador de Pesquisa, Fundação ABC para a Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, Castro, PR. (3) Pesquisador, Fundação ABC para a Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, Castro, PR. (\*) lucas.haiduki@fundacaoabc.org

**Resumo** - A mosca branca (*Bemisia tabaci*) é uma praga de grande relevância para a cultura da soja, ocasionando danos diretos por meio da sucção de seiva e danos indiretos, como o desenvolvimento da fumagina e a transmissão de viroses, como a necrose da haste da soja. Este estudo teve como objetivo avaliar a eficácia de inseticida químico e biológico no controle de *B. tabaci* e seus reflexos sobre a severidade da fumagina, percentual de desfolha e a produtividade da soja. O experimento foi conduzido no município de Buri-SP, durante a safra 2024/2025, sob condições de infestação natural, com quatro tratamentos: Testemunha (sem aplicação de inseticida), Privilege (inseticida químico), Ecobass Ultra (inseticida biológico) e a combinação de ambos. Os tratamentos, inseticida químico Privilege e a associação de Ecobass Ultra + Privilege apresentaram maior eficácia de controle, com redução significativa do número de ninfas de mosca branca por folíolo de soja, menor severidade de fumagina e menor percentual de desfolha em relação a testemunha. Como consequência esses tratamentos apresentaram valores de produtividade significativamente superior aos demais tratamentos. O uso isolado de Ecobass Ultra demonstrou baixa eficácia de controle, não diferindo estatisticamente da testemunha para as variáveis analisadas. Nas condições em que o experimento foi conduzido, conclui-se que o inseticida químico quando utilizado com base em amostragens, considerando os níveis de ação pré-determinados, é a estratégia mais eficiente para o controle de *B. tabaci* na cultura soja.

**Termos para indexação:** *Bemisia tabaci*, inseticida químico, fungo entomopatogênico.

## **Chemical and biological insecticides for whitefly control and their effects on sooty mold, defoliation, and soybean yield**

**Abstract** - The whitefly (*Bemisia tabaci*) is a highly relevant pest in soybean crops, causing direct damage through sap sucking and indirect damage through the development of sooty mold and the transmission of viruses, such as soybean stem necrosis. This study aimed to evaluate the efficacy of chemical and biological insecticides in the control of *B. tabaci* and their effects on sooty mold severity, defoliation percentage, and soybean yield. The experiment was conducted in Buri-SP, during the 2024/2025 growing season under natural infestation conditions, using four treatments: untreated control (no insecticide), Privilege (chemical insecticide), Ecobass Ultra (biological insecticide), and the

combination of both. The chemical insecticide Privilege and the combination of Ecobass Ultra + Privilege showed greater control efficacy, with a significant reduction in the number of whitefly nymphs per soybean leaflet, lower sooty mold severity, and a lower defoliation percentage compared to the control. As a result, these treatments also exhibited significantly higher yield values than the other treatments. The isolated use of Ecobass Ultra demonstrated low control efficacy, showing no statistical difference from the untreated control for the variables analyzed. Under the conditions in which the experiment was conducted, it is concluded that the chemical insecticide, when applied based on sampling and pre-established action thresholds, is the most effective strategy for controlling *B. tabaci* in soybean crops.

**Index terms:** *Bemisia tabaci*, chemical insecticide, entomopathogenic fungus.

## Introdução

A mosca branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) é uma praga cosmopolita de importância agrícola em todo o mundo (Prabhaker et al., 2005), se destacando como uma das principais pragas agrícola de diversas culturas, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais (Nauen; Denholm, 2005). Adultos e ninfas apresentam a capacidade de ocasionar danos diretos devido sua alimentação diretamente no floema, ocasionando redução no crescimento das plantas. E danos indiretos, por meio da excreção de exsudatos açucarados (honeydew), propiciando o desenvolvimento da fumagina, afetando a capacidade de fotossíntese e consequentemente diminuindo a produtividade da soja (Lima et al., 2018). No entanto, o maior impacto causado por esse inseto é a transmissão de viroses (Costa et al., 2020), com destaque para o *Cowpea mild mottle virus* (CpMMV), identificado como agente causal da necrose da haste da soja (Almeida et al., 2020).

Os inseticidas químicos são o método mais amplamente utilizados para o controle de infestações de *B. tabaci* (Smith et al., 2018). Porém, nos últimos anos tem crescido o interesse em agentes de controle biológico, incluindo fungos entomopatogênicos como alternativa as medidas químicas (Smith; Krey, 2019)

Considerando as atuais práticas de manejo adotadas no controle de mosca branca na cultura da soja, este trabalho teve como objetivo avaliar o controle de *B. tabaci* utilizando inseticida químico e biológico, afim de compreender os efeitos desses produtos sobre o número de ninfas de mosca

branca por folíolo de soja, severidade de fumagina, ocorrência de desfolha precoce e seu impacto sobre a produtividade.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido no município de Buri-SP durante a safra 2024/2025, sob condições de infestação natural da praga. O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados com cinco repetições. A semeadura da cultura da soja foi realizada em 17 de dezembro de 2025, utilizando a cultivar Brasmax Titanium TF I2X. As parcelas experimentais foram compostas por seis linhas espaçadas em 0,45 metros e 12 metros de comprimento, totalizando uma área útil de 32,4 m<sup>2</sup> por parcela.

Os tratamentos adotados foram: 1) Testemunha (sem aplicação de inseticida); 2) Privilege (250 mL/ha); 3) Ecobass Ultra (100 g/ha) e 4) Ecobass Ultra (100 g/ha) + Privilege (250 mL/ha). O nível de ação estabelecido para o início das pulverizações foi de 10 ninfas por folíolo, considerando o terço médio das plantas. Foram realizadas três pulverizações com intervalo de sete dias.

Para avaliar o efeito dos tratamentos sobre a população de mosca branca, foi utilizada uma escala visual adaptada de Coelho et al. (2009) baseada no número de ninfas de mosca branca por folíolo de soja (Tabela 1).

**Tabela 1.** Escala de atribuição de nota visual conforme o número de ninfas de *B. tabaci* por folíolo de soja. Fundação ABC, 2025.

Nota	Descrição da colonização
0	Folíolo sem a presença de ninfas;
1	Folíolo apresentando entre 1 a 20 ninfas;
2	Folíolo apresentando entre 21 a 50 ninfas;
3	Folíolo apresentando entre 51 a 80 ninfas;
4	Folíolo apresentando entre 81 a 100 ninfas;
5	Folíolo apresentando entre 101 a 150 ninfas;
6	Folíolo apresentando > 150 ninfas.

Fonte: Adaptado de Coelho et al. (2009).

As avaliações de infestação foram realizadas na prévia das pulverizações e aos sete dias após cada pulverização, sendo a última avaliação aos 14 dias

após a terceira pulverização (DA3ªA). Com os dados das avaliações, calculou-se o índice de colonização (IC) de ninfas por folíolo, utilizando a equação:

$$IC = [ \sum (\text{nota} \times \text{número de folíolos com essa nota}) / (\text{número total de folíolos avaliados} \times \text{maior nota da escala}) ] \times 100.$$

Avaliou-se também a severidade de fumagina (notas visuais de 0 a 100%) nos estádios R5.5 e R6, estimando-se a porcentagem de área foliar colonizada pelo fungo (1 linha de 1 metro). A avaliação de desfolha, também por estimativa visual atribuindo-se notas de 0 a 100%, foi realizada no estádio R7.2

A produtividade de grãos de soja foi determinada através da colheita de quatro linhas centrais por 10 metros de comprimento (área útil de 18 m²), corrigindo-se os valores para 13% de umidade e extrapolando para kg.ha<sup>-1</sup>.

## Resultados e discussão

As avaliações do índice de colonização dos folíolos realizadas aos 7 e 14DA3ªA, apresentaram a mesma tendência de resposta dos tratamentos Privilege (250) e Ecobass Ultra (100) + Privilege (250) para a performance de controle, apresentando os menores índices de colonização e diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 2).

**Tabela 2.** Índice de colonização de folíolos (escala adimensional de 0 a 100) avaliada aos 7 e 14DA3ªA e severidade de fumagina (0 a 100%) avaliada nos estádios fenológicos R5.5 e R6. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de LSD ( $p \leq 0,05$ ).

Tratamentos Dose (mL ou g/ha)	Índice de Colonização				Fumagina (%)			
	Dias Após a Aplicação (DAA)				Estádio Fenológico			
	7DA3ªA		14DA3ªA		R5.5		R6	
Testemunha (---)	45,0	a	44,2	a	7,5	a	34,3	a
Privilege (250)	15,8	b	20,0	b	0,0	b	5,5	b
Ecobass Ultra (100)	34,2	a	50,0	a	5,6	a	32,3	a
Ecobass Ultra (100) + Privilege (250)	19,6	b	17,5	b	0,0	b	4,0	b
CV (%)	30,14		15,32		62,53		16,07	
Pr>F	0,00348		0,0001		0,0009		0,0001	

Enquanto a Testemunha e Ecobass Ultra (100) apresentaram os maiores índices de colonização para ambos os momentos e não diferiram estatisticamente entre si.

O índice de colonização dos folíolos por ninfas de mosca branca reflete diretamente a presença da mosca branca e sua intensidade de infestação nas plantas, sendo um indicador confiável da efetividade dos tratamentos no controle da praga ao longo do tempo. Esses resultados reforçam a efetividade do inseticida químico na redução populacional de mosca branca, bem como do seu efeito residual mantendo a população da praga em níveis menores por um período prolongado. A associação do inseticida biológico ao inseticida químico não interferiu negativamente na performance de controle do produto químico, porém não contribuiu com efeito adicional significativo no controle de mosca branca. Enquanto a utilização isolada do inseticida biológico não demonstrou ser uma ferramenta eficiente para o controle da praga nas condições avaliadas.

A severidade de fumagina é um parâmetro indireto que representa a atividade da mosca branca ao longo da condução do ensaio, sendo um importante indicativo visual da infestação da praga e da eficácia dos inseticidas utilizados. Nas avaliações, os tratamentos com Privilege (250) e a associação de Ecobass Ultra (100) + Privilege (250) apresentaram os menores valores para a severidade de fumagina, mostrando-se consistente mesmo após 37DA<sup>3ªA</sup> (Tabela 1). Isso demonstra que a associação do inseticida químico com o biológico resultou em performance semelhante ao inseticida químico aplicado de forma isolada, ou seja, a combinação do inseticida biológico não agregou significativamente na performance do inseticida químico.

Por outro lado, o tratamento com o inseticida biológico Ecobass Ultra (100) isolado, não demonstrou efetividade para evitar a evolução da fumagina, resultando em valores de severidade estatisticamente semelhante a testemunha e indicando uma baixa eficácia de controle sobre a praga.

A desfolha precoce está diretamente relacionada a persistência de alimentação da mosca branca. Dessa forma, a manutenção das folhas fornece informações valiosas sobre o grau de proteção conferido por cada tratamento. Nesse contexto, o tratamento com Privilege (250) apresentou os menores valores de desfolha (47,5%), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 3).



**Tabela 3.** Porcentagem de desfolha e produtividade de grãos de soja submetida a diferentes tratamentos com inseticidas. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de LSD ( $p \leq 0,05$ ).

<b>Tratamentos Dose (mL ou g/ha)</b>	<b>Desfolha (%)</b>		<b>Produtividade (kg/ha)</b>	
Testemunha (---)	99,5	a	3033,7	B
Privilege (250)	47,5	c	4245,6	A
Ecobass Ultra (100)	97,8	a	3134,8	B
Ecobass Ultra (100) + Privilege (250)	67,5	b	4043,2	A
CV (%)	9,02		6,51	
Pr>F	0,0001		0,0001	

Demonstrando assim que o controle químico com inseticidas específicos para fase jovem e adulta são eficazes no controle do inseto, na redução da fumagina e consequentemente da desfolha precoce. O tratamento com Ecobass Ultra (100) + Privilege (250) apresentou 67,5% de desfolha, valor estatisticamente menor ao Ecobass Ultra (100), mas ainda assim estatisticamente superior a Privilege (250). Indicando que a associação do inseticida biológico ao inseticida químico, não contribuiu para uma maior redução da desfolha em relação ao inseticida químico isolado. O tratamento com Ecobass Ultra (100) mostrou-se estatisticamente semelhante à testemunha, reforçando que sua utilização de forma isolada é um fator limitante no controle da praga e consequentemente na redução dos seus efeitos indiretos, não impedindo a desfolha precoce devido a maior infestação da praga.

A produtividade refletiu diretamente a performance de controle sobre a mosca branca ao longo do ciclo, onde Privilege (4246 kg/ha) e Ecobass Ultra + Privilege (4043 kg/ha) apresentaram desempenho significativamente superior aos demais tratamentos, com saldo de 1212 e 1009 kg/ha superior a testemunha, respectivamente (Tabela 3).

## Conclusões

1. Privilege (250) apresentou os menores índices de colonização, severidade de fumagina e desfolha, resultando na maior produtividade.
2. A associação de Ecobass Ultra (100) a Privilege (250) não comprometeu a eficácia de controle, porém, não proporcionou ganhos

significativos na redução da severidade de fumagina, desfolha e manutenção da produtividade em relação ao inseticida químico aplicado de forma isolada.

3. O tratamento com Ecobass Ultra (100) utilizado de forma isolada, apresentou performance estatisticamente semelhante a testemunha para todos os parâmetros e evidenciando sua baixa eficácia para o controle de mosca branca nas condições avaliadas.

## Referências

- ALMEIDA, A. M. R.; SILVA, W. R. C.; NUNES, M. R.; et al. *Cowpea mild mottle virus*: a new threat to Brazilian soybean. **PeerJ**, London, v. 8, e9828, 2020.
- COELHO, S. A. M. P.; LOURENÇÃO, A. L.; MELO, A. M. T.; SCHAMMASS, E. A. Resistência de meloeiro à *Bemisia tabaci* biótipo B. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 415–421, 2009.
- COSTA, T. M.; INOUE-NAGATA, A. K.; VIDA, A. H.; RIBEIRO, S. G.; NAGATA, T. The recombinant isolate of cucurbit aphid-borne yellows virus from Brazil is a polerovirus transmitted by whiteflies. **Plant Pathology**, Oxford, v. 69, p. 1042–1050, 2020.
- LIMA, C. H. et al. Spatiotemporal dynamics of whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in commercial watermelon crops. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 111, n. 4, p. 1895–1903, 2018.
- NAUEN, R.; DENHOLM, I. Resistance of insect pests to neonicotinoid insecticides: current status and future prospects. **Archives Insects Biochemical Physiology**, v. 58, n. 4, p. 200-215, 2005.
- PRABHAKER, N.; CASTLE, S.; HENNEBERY, T. J.; TOSCANO, N. C. Assessment of cross-resistance potential to neonicotinoid insecticides in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Bulletin of Entomological Research**, Cambridge, v. 95, n. 1, p. 535-543, 2005.
- SMITH, H. A.; KREY, K. L. Três taxas de liberação de *Dicyphus hesperus* (Hemiptera: Miridae) para o manejo de *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) em tomateiro em estufa. **Insects**, Basel, v. 10, p. 213, 2019.
- SMITH, H. A.; STANSLY, P. A.; SEAL, D. R.; MCAVOY, E.; POLSTON, J. E.; PHYLLIS, R.; SCHUSTER, D. J. Manejo de moscas brancas, vírus de plantas vetorizados por moscas brancas e resistência a inseticidas para a produção de tomate. Gainesville, FL, EUA: Universidade da Flórida, IFAS, Universidade Florida A&M e Programa de Extensão Cooperativa, 2018. 8 p.

### 3. Ata e Artigos da Comissão de Fitopatologia

A Comissão de Fitopatologia, tendo como coordenador a Professora. Carolina Cardoso Deuner (Universidade de Passo Fundo - UPF) e relatora a Pesquisadora Leila Maria Costamilan (Embrapa Trigo), reuniu-se nos dias 13 e 14 de agosto de 2025, nas dependências da Faculdade de Direito da UPF, em Passo Fundo, RS, contando com as presenças dos seguintes participantes:

#### 3.1 Participantes

##### 3.1.1 Representantes credenciados

Número	Nome	Instituição
1	Carolina Cardoso Deuner	UPF
2	Leila Maria Costamilan	Embrapa Trigo

##### 3.1.2 Demais participantes

Número	Nome	Instituição
1		
2		

#### 3.2 Trabalhos apresentados

Número	Título	Apresentador
34634	Predominância de genes para resistência completa à podridão-radicular de <i>Phytophthora</i> em linhagens de soja da Embrapa Trigo	Leila M. Costamilan

#### 3.3 Trabalho destaque

Número	Título	Apresentador
34634	Predominância de genes para resistência completa à podridão-radicular de <i>Phytophthora</i> em linhagens de soja da Embrapa Trigo	Leila M. Costamilan

#### 3.4 Atualizações das indicações técnicas

Atualização e revisão da redação referente ao Capítulo “Manejo Integrado de Doenças”, conforme proposta apresentada pela pesquisadora Leila Costamilan, da Embrapa Trigo, basicamente tratando de exclusão de tabelas de fungicidas indicados, substituindo pelo encaminhamento ao site do Agrofit, além da exclusão da tabela com reação a doenças de cultivares de soja. Como inclusões, foram propostos textos sobre o uso de drones para aplicação de

fungicida, manejo integrado de ferrugem-asiática e informações sobre o vazio sanitário.

### **3.5 Necessidades e prioridades de pesquisa**

### **3.6 Proposições apresentadas**

### **3.7 Resumos expandidos**

## **Predominância de genes para resistência completa à podridão-radicular de *Phytophthora* em linhagens de soja da Embrapa Trigo**

Leila Maria Costamilan<sup>(1\*)</sup>, Claudia Cristina Clebsch<sup>(2)</sup> e Paulo Fernando Bertagnolli<sup>(1)</sup>

(<sup>1</sup>) Pesquisadores, Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. (<sup>2</sup>) Analista, Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. (\*) leila.costamilan@embrapa.br.

**Resumo** – A podridão-radicular de *Phytophthora*, causada por *Phytophthora sojae*, é uma importante doença da cultura da soja. O principal meio de controle é a resistência genética, pela ação de genes *Rps* em plantas de soja. Os objetivos deste trabalho foram identificar genótipos de soja, do programa de melhoramento genético da Embrapa Trigo, resistentes à podridão-radicular de *Phytophthora* e determinar possíveis genes de resistência completa *Rps* em linhagens avançadas. Durante nove anos, foram analisadas um total de 255 linhagens de soja da Embrapa Trigo em ensaios de Valor de Cultivo e Uso. Nessas linhagens, predominaram os genes *Rps1a* ou *Rps1c* e *Rps1k*. Para se evitar pressão de seleção e perda de resistência de futuras cultivares de soja, programas de melhoramento de soja no Brasil deveriam inserir em suas linhagens outros genes, como *Rps3b*.

**Termos para indexação:** *Glycine max*, *Phytophthora sojae*, resistência genética.

## **Predominance of genes for complete resistance to *Phytophthora* root rot in soybean lines from Embrapa Trigo**

**Abstract** – *Phytophthora* root rot, caused by *Phytophthora sojae*, is an important disease of soybean crop. The main means of control is genetic resistance, through the action of *Rps* genes in soybean plants. The objectives of this work were to identify soybean genotypes, from the Embrapa Trigo genetic improvement program, resistant to *Phytophthora* root rot and to determine possible complete resistance genes *Rps* in advanced lines. Over a nine-year period, a total of 255 soybean lines from Embrapa Trigo were analyzed in Value for Cultivation and Use trials. In these lines, the *Rps1a* or *Rps1c* and *Rps1k* genes predominated. To avoid selection pressure and loss of resistance in future soybean cultivars, soybean breeding programs in Brazil should insert other genes, such as *Rps3b*, into their lines.

**Index terms:** *Glycine max*, *Phytophthora sojae*, genetic resistance.

## **Introdução**

A podridão-radicular de *Phytophthora* em soja (*Glycine max*), causada pelo oomiceto *Phytophthora sojae*, pode ocasionar a morte desde a pré-

emergência até a fase adulta de plantas, sendo sintoma característico a coloração marrom-escura da haste, desde o solo, que progride para hastes laterais e para o topo da planta. As perdas econômicas ocorrem, principalmente, pela necessidade de ressemeaduras durante o período de emergência. A melhor forma de controle é pela resistência ou tolerância genética de cultivares de soja, associando genes maiores de resistência completa (genes *Rps*) com resistência parcial, mediada por QTLs (Dorrance et al., 2003).

No Brasil, em 2013, os genes *Rps1a*, *1b*, *1c*, *1k*, *3a* e *8* eram eficientes para a maioria das populações de *P. sojae* (Costamilan et al., 2013). Nos anos 2020 e 2021, constatou-se mudança nesse perfil de virulência, com maior efetividade de *Rps3b*, decréscimo de efetividade de *Rps1b*, *1k*, *3a* e *8*, e manutenção de *Rps1a* e *1c* como efetivos (Batista et al., 2023).

Os objetivos deste trabalho foram identificar genótipos de soja, do programa de melhoramento genético da Embrapa Trigo, resistentes à podridão-radicular de *Phytophthora* e determinar possíveis genes de resistência completa *Rps* em linhagens avançadas.

## Material e métodos

Anualmente, todas as linhagens de soja do programa de melhoramento genético da Embrapa Trigo, nas gerações F5 ou F6, são testadas para reação à *P. sojae*. De 2016 a 2022, utilizaram-se os isolados Ps2.4 e Ps32.2, que mantinham vivas as linhagens que continham um ou mais dos genes *Rps1a*, *1b*, *1c*, *1k*, *3a* ou *8*. A partir de 2023, devido à alteração detectada na população de *P. sojae* no Brasil, utilizou-se o isolado Ps26.3, que mantinha vivas linhagens de soja com os genes *Rps1a*, *1b*, *1c*, *1k* ou *3b*.

Após essa fase, as linhagens resistentes que alcançaram os ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) foram novamente testadas, dessa vez com uma série de isolados, denominados R4, Ps14.4 e Ps36.1, que definem, pela reação de resistência ou suscetibilidade diferenciada aos genes *Rps*, qual o possível gene presente conferindo a resistência à linhagem (Tabelas 1 e 2). Todos os isolados utilizados são oriundos do Rio Grande do Sul, com exceção do isolado R4, que é proveniente dos Estados Unidos da América. Foram selecionados

pelas reações diferenciadas que apresentam aos genes *Rps* de interesse, com maior efetividade à população brasileira de *P. sojae*.

**Tabela 1.** Esquema de postulação de gene *Rps* de resistência completa de soja à podridão-radicular de *Phytophthora*, usado na Embrapa Trigo de 2016 a 2022.

Gene <i>Rps</i> postulado	Patotipo de <i>Phytophthora sojae</i> <sup>(1)</sup> e reação			
	Ps2.4 ou Ps32.2	R4	Ps14.4	Ps36.1
1a/1c	R <sup>(2)</sup>	S	R	R
1b	R	R	R	S
1k	R	R	R	R
3a e/ou 8	R	R	S	S

<sup>(1)</sup>Ps2.4 ou Ps32.2 (vir 1d, 3b, 3c, 4, 5, 6, 7), R4 (vir 1a, 1c, 1d, 7), Ps14.4 (vir 1d, 3a, 3b, 3c, 4, 5, 7, 8) e Ps36.1 (vir 1b, 1d, 3a, 3b, 3c, 4, 5, 6, 7, 8).

<sup>(2)</sup>R = Reação de resistência (até 30% de plântulas mortas); S = reação de suscetibilidade (igual ou superior a 70% de plântulas mortas).

**Tabela 2.** Esquema de postulação de gene *Rps* de resistência completa de soja à podridão-radicular de *Phytophthora*, usado na Embrapa Trigo em 2023 e 2024.

Gene <i>Rps</i> postulado	Patotipo de <i>Phytophthora sojae</i> <sup>(1)</sup> e reação			
	Ps26.3	R4	Ps14.4	Ps36.1
1a/1c	R <sup>(2)</sup>	S	R	R
1b	R	R	S	S
1k	R	R	R	R
3b	R	R	S	R

<sup>(1)</sup>Ps26.3 (vir *Rps*1d, 2, 3a, 3c, 4, 5, 6, 7, 8), Ps14.4 (vir *Rps*1b, 1d, 3a, 3b, 3c, 4, 5, 6, 7, 8), R4 (vir *Rps*1a, 1c, 1d, 2, 3c, 6, 7) e Ps36.1 (vir *Rps*1b, 1d, 2, 3a, 3b, 3c, 4, 5, 6, 7).

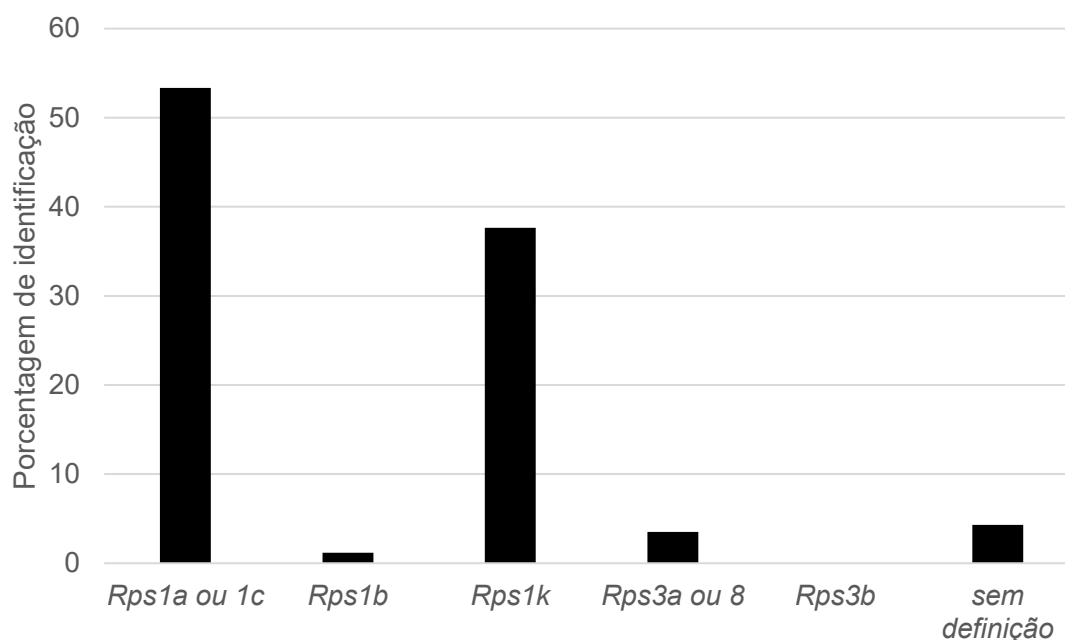
<sup>(2)</sup>R = Reação de resistência (até 30% de plântulas mortas); S = reação de suscetibilidade (igual ou superior a 70% de plântulas mortas).

Foram preparados dois potes plásticos (capacidade de 500 mL de substrato vegetal) para cada patotipo de *P. sojae* (Ps2.4, Ps26.3, R4, Ps14.4 e Ps36.1), com oito sementes por pote. Também foi preparado um pote para cada uma das linhagens da série diferencial contendo os genes *Rps*1a, 1b, 1c, 1k, 3a, 3b e 8, além da testemunha suscetível (BRS 268 ou BRS 244RR), para fins de comparação de reação e consequente postulação da presença dos genes *Rps*. O método de inoculação utilizado foi o da injeção de meio de cultura contendo micélio no hipocótilo das plantas, entre 10 e 14 dias após a semeadura, seguindo-se período de 48 horas de alta umidade relativa, com nebulização de água por 30 segundos a cada 3 minutos, em casa de vegetação com temperatura ajustada para uma faixa de 20 a 30 °C. A leitura da reação foi realizada de cinco

a sete dias após a inoculação, considerando-se resistente o genótipo com reação de até 30% de plântulas mortas e, suscetível, com número de plântulas mortas igual ou superior a 70% (Costamilan; Clebsch, 2016).

## Resultados e discussão

De 2016 a 2024, foram testadas 255 linhagens da Embrapa Trigo, em VCU. Dessas, 53% foram postuladas com os genes *Rps1a* ou *1c*, 38% com o gene *Rps1k*, 4% com os genes *Rps3a* ou *8* e 1% com *Rps1b*. Não houve detecção do gene *Rps3b* (testado apenas nos anos de 2023 e 2024). Além disso, em 4% dos materiais não foi possível postular a presença de genes *Rps*.



**Figura 1.** Frequência (em porcentagem) de genes *Rps* de resistência a *Phytophthora sojae* em linhagens de soja da Embrapa Trigo, em ensaio de Valor de Cultivo e Uso, de 2016 a 2024.

## Conclusões

1. Aproximadamente 50% das linhagens em VCU, do programa de melhoramento genético de soja da Embrapa Trigo, são resistentes à podridão-radicular de *Phytophthora* devido à ação dos genes *Rps1a* ou *Rps1c*, e cerca de 40% são resistentes devido à presença do gene *Rps1k*.



2. Para se evitar pressão de seleção e perda de resistência de futuras cultivares de soja, programas de melhoramento de soja no Brasil deveriam inserir em suas linhagens outros genes, como *Rps3b*.

## Referências

- BATISTA, I. C. A.; SILVA, M. P. C.; SILVA JUNIOR, A. L.; GONZALEZ ARRIGADA, M. P.; CAMARGO, M. P. de; FIGUEIREDO, A.; HORA JUNIOR, B. T.; MIZUBUTI, E. S. G. A shift in pathotype diversity and complexity of *Phytophthora sojae* in Brazil. **Plant Disease**, v. 107, n. 7, p. 1968-2271, July 2023. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-22-2558-SC>.
- COSTAMILAN, L. M.; CLEBSCH, C. C.; SOARES, R. M.; SEIXAS, C. D. S.; GODOY, C. V.; DORRANCE, A. E. Pathogenic diversity of *Phytophthora sojae* pathotypes from Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, v. 135, n. 4, p. 845-853, Apr. 2013. DOI: 10.1007/s10658-012-0128-9.
- COSTAMILAN, L. M.; CLEBSCH, C. C. **Técnicas utilizadas para estudos com *Phytophthora sojae* na Embrapa Trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2016. 31 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 163).
- DORRANCE, A. E.; MCCLURE, S. A.; SAINT MARTIN, S. K. Effect of partial resistance on *Phytophthora stem* rot incidence and yield of soybean in Ohio. **Plant Disease**, v. 87, n. 3, p. 308-312, Mar. 2003. DOI: 10.1094/PDIS.2003.87.3.308.

#### 4. Ata e Artigos da Comissão de Controle de Plantas Daninhas

A Comissão de Especialistas em Controle de Plantas Daninhas, coordenada pelo Prof. Dr. **Fernando Machado dos Santos** (IFES – Sertão) e tendo como relator o Dr. **Leandro Vargas** (Embrapa Trigo), reuniu-se em **14 de agosto de 2025**, nas dependências da **Faculdade de Direito da Universidade de Passo Fundo**, em Passo Fundo – RS, com a presença dos seguintes participantes:

##### 4.1 Participantes

###### 4.1.1 Representantes credenciados

Número	Nome	Instituição
1	Leandro Vargas	Embrapa Trigo
2	Fernando Machado dos Santos	IFES-Campus Sertão
3	Joanei Cechin	Epagri
4	Rafael Negretti	IFES-Campus Vacaria

###### 4.1.2 Demais participantes

Número	Nome	Instituição
1	Marinês Pereira	UFFS- Campus Erechim
2	Tailana Iager	UFFS- Campus Erechim
3	Gabrieli Enge Zamboni	UFFS- Campus Erechim

##### 4.2 Trabalhos apresentados

Número	Título	Apresentador
35533	Controle de plantas daninhas com herbicidas em soja com tecnologia Enlist®	Marinês Pereira
35603	Seletividade de herbicidas pré-emergentes associados ao glufosinate de amônio em soja com tecnologia Enlist®	Tailana Iager
35510	Interação de agrotóxicos aplicados em soja com tecnologia Enlist®	Gabrieli Enge Zamboni

##### 4.3 Trabalho destaque

Número	Título	Apresentador
35510	Interação de agrotóxicos aplicados em soja com tecnologia Enlist®	Gabrieli Enge Zamboni

#### 4.4 Atualizações das indicações técnicas

A Comissão de Especialistas em Controle de Plantas Daninhas sugere à Coordenação da **44ª Reunião de Pesquisa da Soja da Região Sul** a atualização e revisão do texto referente ao **Controle de Plantas Daninhas** para a safra 2025/2026, considerando os seguintes pontos:

1. **Exclusão de tabelas:** retirar do documento as tabelas 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.4.1, 6.5 e 6.6, substituindo-as por links direcionados ao **Agrofit** e a outras referências bibliográficas que apresentem de forma completa e atualizada as informações anteriormente contidas nas tabelas;
2. **Revisão de conteúdo:** ajustar a redação do texto de acordo com a nova versão.

#### 4.5 Necessidades e prioridades de pesquisa

Realização de trabalhos para reavaliação de:

- Fitotoxicidade de herbicidas e aplicados em diferentes estádios vegetativos da soja;
- Controle geral de espécies problema em soja: Caruru (*Amaranthus* spp), Pé-de-galinha (*Eleusine indica*) e azevém (*Lolium multiflorum*);
- Estudos sobre culturas de cobertura de solo para supressão/controle de plantas daninhas.

#### 4.6 Proposições apresentadas

Relativo a proposições realizadas já na edição anterior da reunião decidiu-se por:

- Atender todas as modificações sugeridas.

#### Como novas propostas:

Alterar o texto inserindo temas atuais (Ex. azevém e caruru), e retirar tabelas com indicação de produtos com inclusão do link do Agrofit.

#### 4.7 Resumos expandidos

## Controle de plantas daninhas com herbicidas em soja com tecnologia Enlist®

Marinês Pereira<sup>(1\*)</sup>, Amanda Bernardi Rempel<sup>(1)</sup>, Gabriela Rigo Rotta<sup>(1)</sup>, Flavia Barro Lazzari<sup>(1)</sup>, Renata Paula Zicatto<sup>(1)</sup>, Rodrigo José Tonin<sup>(2)</sup>, Gisrael Francisco Perin<sup>(3)</sup>, Leandro Galon<sup>(3,4)</sup>

<sup>(1)</sup> Estudante de Agronomia e do <sup>(2)</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, RS. <sup>(3)</sup> Docente do curso de Agronomia e do <sup>(4)</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Erechim, RS. (\*) marines.pereiras90@gmail.com.

**Resumo** – A utilização de herbicidas pré-emergentes tem aumentado nos últimos anos para melhorar a eficácia de controle das plantas daninhas. Diante disso, objetivou-se com o trabalho avaliar o controle de plantas daninhas pelo uso de herbicidas na pré-emergência da soja e associados a esses o glufosinato de amônio em pós-emergência. Os experimentos foram conduzidos à campo, em duas safras agrícolas em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos utilizados foram: duas testemunhas, uma capinada e outra infestada, os herbicidas pré-emergente, pirazosulfuron-ethyl+flumioxazin (120+80 g ha<sup>-1</sup>), diuron+sulfentrazone (490+245 g ha<sup>-1</sup>), imazethapyr+flumioxazin (127+60 g ha<sup>-1</sup>), sulfentrazone+imazethapyr (360+96 g ha<sup>-1</sup>), S-metolachlor+fomesafen (1036+240 g ha<sup>-1</sup>) aplicados em isolados e/ou associados ao glufosinato de amônio (600 g ha<sup>-1</sup>) em pós-emergência. O glufosinato de amônio quando aplicado em pós-emergência associado aos herbicidas pré-emergentes, pirazosulfuron-ethyl+flumioxazin, diuron+sulfentrazone, imazethapyr+flumioxazin, sulfentrazone+imazethapyr e S-metolachlor+fomesafen, ocasionou melhoria no controle de leiteiro, nabo e papuã. Houve aumento no controle do nabo pelo glufosinato de amônio ao se aplicar os herbicidas na pré-emergência da soja.

**Termos para indexação:** *Glycine max*, herbicidas residuais, misturas de herbicidas em tanque.

## Weed control with herbicides in soybeans with Enlist® technology

**Abstract** – The use of pre-emergent herbicides has increased in recent years aiming to improve the effectiveness of weed control. Therefore, the objective of this study was to evaluate the weed control with herbicides pre-emergence of soybean, and associated glufosinate ammonium post-emergence. The experiments were conducted in the field, in two cropping seasons in randomized block design, with four replications. Treatments used were: two controls, one weeded and the other infested, the pre-emergent herbicides pyrazosulfuron-ethyl+flumioxazin (120+80 g ha<sup>-1</sup>), diuron+sulfentrazone (490+245 g ha<sup>-1</sup>), imazethapyr+flumioxazin (127+60 g ha<sup>-1</sup>), sulfentrazone+imazethapyr (360+96 g ha<sup>-1</sup>), S-metolachlor+fomesafen (1036+240 g ha<sup>-1</sup>) applied alone or associated with glufosinate ammonium (600 g ha<sup>-1</sup>) post-emergence. Glufosinate ammonium, when applied post-emergence in association with the pre-emergent

herbicidas pyrazosulfuron-ethyl+flumioxazin, diuron+sulfentrazone, imazethapyr+flumioxazin, sulfentrazone+imazethapyr and S-metolachlor+fomesafen, improved the control of wild poinsettia, turnip and Alexandergrass. There was an increase in the control of turnip by glufosinate ammonium when the herbicides were applied pre-emergence to soybeans.

**Index terms:** *Glycine max*, residual herbicides, tank mixtures of herbicides.

## Introdução

As plantas daninhas quando não controladas de forma adequada podem reduzir a produtividade de grãos da soja. Estas competem com a soja pelos recursos disponíveis, tais como: água, luz, nutrientes, espaço, podendo serem hospedeiras de pragas e doenças, além de liberarem substâncias alelopáticas, o que irá influenciar no crescimento e desenvolvimento da cultura e consequentemente na produtividade e na qualidade dos grãos colhidos (Santin et al., 2019; Rüdell et al., 2021; Caldas et al., 2023).

Os produtores tem utilizado para o controle de plantas daninhas herbicidas, em razão da eficácia, praticidade e menor custo quando comparado com outros métodos de manejo (Nunes et al., 2018; Arsenijevic et al., 2022). Com o aumento de casos de plantas daninhas resistentes ao glyphosate, a utilização de herbicidas pré-emergentes e do glufosinato de amônio tem crescido nos últimos anos, para se obter um melhor manejo das espécies consideradas de difícil controle (Nunes et al., 2018; Tampubolon et al., 2024).

Diante disso, objetivou-se com o trabalho avaliar o controle das plantas daninhas e a eficácia de herbicidas pré-emergentes associados ou não ao glufosinato de amônio aplicado em pós-emergência da cultivar de soja Vênus 57K58 RSF CE.

## Material e métodos

Dois experimentos foram instalados a campo, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim/RS, latitude 27° 43' 30,97" S, longitude 52° 17' 40,15" W e altitude de 650 m, nos anos agrícolas 2022/23 e 2023/24. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Alumiférico húmicotípico (Streck et al., 2018). Em ambos os anos agrícolas o

objetivo foi avaliar a eficácia dos herbicidas aplicados em pré-emergência da soja com tecnologia Enlist® e das plantas daninhas associados ou não com glufosinato de amônio, sendo repetidos os experimentos para se ter dados mais confiáveis e precisos.

O delineamento experimental, utilizado nos experimentos conduzidos nos dois anos agrícolas, foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, totalizando, 13 tratamentos. A semeadura dos experimentos foi efetuada com semeadora/adubadora em 05/12/2022 e 01/12/2023 para o primeiro e o segundo anos agrícolas, respectivamente. Em ambos os experimentos (anos agrícolas) utilizou-se a cultivar de soja Enlist® (Vênus 57K58 RSF CE). A densidade média de semeadura foi de 15,7 sementes m<sup>-2</sup>, o que totalizou uma população aproximada de 314.000 sementes ha<sup>-1</sup>. Para a adubação de base, foi utilizado 380 e 300 kg ha<sup>-1</sup> das fórmulas 05-20-20 e 05-30-15 (N-P-K) nos anos agrícolas 2022/23 e 2023/24, respectivamente, seguindo-se as recomendações técnicas à cultura da soja (CQFS-RS/SC, 2016).

Os tratamentos utilizados nos experimentos estão descritos na Tabela 1, juntamente com as doses e modalidade de aplicação. A aplicação dos herbicidas foi efetuada com pulverizador costal de precisão, pressurizado a CO<sub>2</sub>, equipado com quatro pontas de pulverização do tipo leque DG 11002, mantendo-se a pressão constante de 210 kPa e velocidade de deslocamento de 3,6 km h<sup>-1</sup>, com uma vazão de 150 L ha<sup>-1</sup> de calda de herbicida. As aplicações dos herbicidas pré-emergentes foram feitas no dia da semeadura (plante e aplique) e do pós-emergente no estágio V3 a V4 da soja. Na aplicação dos herbicidas na pós-emergência a densidade média das plantas daninhas foram de 16, 17 e 63 plantas m<sup>-2</sup> de leiteiro (*Euphorbia heterophylla* L.), nabo (*Raphanus raphanistrum* L.) e papuã (*Urochloa plantaginea* L.), nos estádios de 3 a 5 folhas, 3 a 4 folhas e 1 a 3 perfilhos, respectivamente.

O controle das plantas daninhas foi avaliado aos 14 e aos 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). Para isso, foram atribuídas notas percentuais, sendo zero (0%) aos tratamentos com ausência de controle e cem (100%) para a morte das plantas daninhas, de acordo com a metodologia proposta pela SBCPD (1995).

**Tabela 1.** Tratamentos utilizados nos experimentos, respectivas doses de ingredientes ativos (i.a), doses de produtos comerciais (P.C) e modo de aplicação, nos anos agrícolas 2022/23 e 2023/24. UFFS, *Campus Erechim/RS*.

Tratamentos	Doses (g i.a ha <sup>-1</sup> )	Doses P.C (L/kg ha <sup>-1</sup> )	Modo de aplicaçã o
Testemunha capinada	---	---	---
Testemunha infestada	---	---	---
Pirazosulfuron-ethyl+flumioxazin	120+80	0,40	Pré
Diuron+sulfentrazone	490+245	1,40	Pré
Imazethapyr+flumioxazin	127+60	0,60	Pré
Sulfentrazone+imazethapyr	360+96	1,20	Pré
S-metolachlor+fomesafen	1036+240	2,00	Pré
Glufosinato de amônio	600	3,00	Pós
Pirazosulfuron-ethyl+flumioxazin+glufosinato de amônio	120+80+600	0,40+3,00	Pré/Pós
Diuron+sulfentrazone+glufosinato de amônio	490+245+600	1,40+3,00	Pré/Pós
Imazethapyr+flumioxazin+glufosinato de amônio	127+60+600	0,60+3,00	Pré/Pós
Sulfentrazone+imazethapyr+glufosinato de amônio	360+96+600	1,20+3,00	Pré/Pós
S-metolachlor+fomesafen+glufosinato de amônio	1036+240+600	2,00+3,00	Pré/Pós

Os dados foram analisados conjuntamente, ou seja, os dois anos de cultivo foram agrupados visando diluir o efeito do ano nos resultados experimentais, submetidos aos testes de normalidade (Teste de *Shapiro-Wilk*) e homogeneidade (Teste de *Hartley*) das variâncias e, após a comprovação da normalidade dos erros, realizou-se análise de variância pelo teste F, sendo os resultados significativos, aplicou-se o teste de *Scott-Knott* ( $p \leq 0,05$ ).

## Resultados e discussão

Observou-se que os tratamentos contendo glufosinato de amônio (GA), em combinação com todos os herbicidas aplicados na pré-emergência da soja, proporcionaram os melhores índices de controle do leiteiro, superiores a 95%, igualando-se estatisticamente a testemunha capinada, dos 14 aos 28 DAT (dias após a aplicação dos tratamentos), indicando elevada eficácia no manejo desta espécie daninha (Tabela 2). A mistura de imazethapyr + flumioxazin, mesmo sem a presença de GA, também demonstrou elevado desempenho com controle superior a 95%, evidenciando a eficiência dessa mistura formulada no manejo pré-emergente do leiteiro.

Por outro lado, a aplicação de diuron + sulfentrazone apresentou os menores controle do leiteiro, dos 14 aos 28 DAT (Tabela 2). Isso decorre possivelmente devido à redução da ação residual que os produtos apresentaram ao longo do tempo após aplicação. Esses resultados corroboram a importância da utilização de herbicidas com diferentes mecanismos de ação e da integração entre aplicações pré e pós-emergentes para o manejo efetivo de leiteiro, como recomendado por Monteiro et al. (2025).

**Tabela 2.** Controle (%) de leiteiro (*Euphorbia heterophylla* L.), nabo (*Raphanus raphanistrum* L.) e papuã (*Urochloa plantaginea* L.) infestantes da cultivar de soja Vênus 57K58 RSF CE, em função da aplicação de herbicidas nos anos agrícolas 2022/23 e 2023/24. UFFS, Campus Erechim/RS.

Tratamentos	Leiteiro (%)		Nabo (%)		Papuã (%)	
	14 DAT <sup>1</sup>	28 DAT	14 DAT	28 DAT	14 DAT	28 DAT
Testemunha capinada	100,00 a <sup>2</sup>	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
Testemunha infestada	0,00 e	0,00 d	0,00 e	0,00 d	0,00 e	0,00 h
Pirazosulfuron-ethyl+flumioxazin	92,50 b	85,00 b	87,50 b	83,75 b	81,12 c	70,00 f
Diuron+sulfentrazone	48,75 d	0,00 d	20,00 d	10,00 d	80,00 c	73,33 e
Imazethapyr+flumioxazin	100,00 a	95,00 a	94,67 a	91,88 a	82,50 c	70,00 f
Sulfentrazone+imazethapyr	90,00 c	82,50 b	94,08 a	90,00 a	87,92 b	72,50 e
S-metolachlor+fomesafen	92,50 b	45,00 c	70,00 c	65,00 c	62,25 d	40,00 g
Glufozinato de amônio (GA)	100,00 a	100,00 a	88,88 b	79,38 b	92,50 b	95,21 c
Pirazosulfuron+flumioxazin+GA	100,00 a	100,00 a	95,12 a	83,54 b	96,25 a	91,66 d
Diuron+sulfentrazone+GA	100,00 a	100,00 a	94,00 a	81,25 b	99,50 a	97,50 b
Imazethapyr+flumioxazin+GA	100,00 a	100,00 a	99,75 a	98,75 a	96,17 a	100,00 a
Sulfentrazone+imazethapyr+GA	100,00 a	100,00 a	100,00 a	97,50 a	100,00 a	100,00 a
S-metolachlor+fomesafen+GA	100,00 a	95,00 a	95,50 a	90,83 a	95,75 a	90,00 d
CV (%)	1,97	17,72	9,95	13,98	6,27	2,38
Média Geral	86,44	77,12	79,96	74,76	82,61	76,94

<sup>1</sup> Dias após a aplicação dos tratamentos. <sup>2</sup> Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Os resultados demonstram que a aplicação somente em pré-emergência de imazethapyr + flumioxazin e de sulfentrazone+imazethapyr ocasionaram os melhores controles do nabo, sendo iguais a testemunha capinada dos 14 aos 28 DAT (Tabela 2). Os tratamentos com imazethapyr + flumioxazin + GA, sulfentrazone + imazethapyr + GA e S-metolachlor+fomesafen + GA apresentaram controle superior a 90%, dos 14 aos 28 DAT, sendo iguais estatisticamente a testemunha capinada (Tabela 2). Isso evidencia que a combinação de herbicidas pré-emergentes com GA oferece excelente controle, superando o uso de GA em isolado ou alguns pré-emergentes aplicados de modo isolado. Há relato que o sistema Enlist®, incluindo combinações de



herbicidas como imazethapyr + glufosinato de amônio foi eficaz no controle do nabo infestante da cultura de soja (WSSA/CWSS, 2022).

A aplicação do glufosinato de amônio em isolado e ele associado com todos os herbicidas usados na pré-emergência da soja foram os tratamentos que apresentaram os melhores resultados para o controle de papuã, dos 14 aos 28 DAT, com porcentagem de controle superior a 90% (Tabela 5). A aplicação do glufosinato de amônio controlou o papuã que havia emergido, enquanto que os herbicidas pré-emergentes apresentaram eficácia no banco de sementes do papuã no solo. Fato similar foi observado por Santin et al., (2019) ao terem bom controle de papuã ao aplicarem herbicidas pré-emergentes associados ao glufosinato de amônio usado na pós-emergência da soja.

## Conclusões

1. A adição de glufosinato de amônio aos herbicidas pré-emergentes melhorou consideravelmente o controle do leiteiro, nabo e papuã em soja com tecnologia Enlist®.
2. A aplicação em isolado de diuron + sulfentrazone na pré-emergência, apresentou os menores controle de leiteiro e nabo.
3. O uso de S-metolachlor+fomesafen em isolado demonstrou baixa eficácia para nabo e papuã.

## Agradecimentos

Ao CNPq, FAPERGS, UFFS e FINEp pela concessão de bolsas e de apoio financeiro para execução da pesquisa.

## Referências

- ARSENIJEVIC, N.; KNEZEVIC, S. Z.; PURICELLI, E.; VARGAS, J. J.; SCURSONI, J. Influence of integrated agronomic and weed management practices on soybean canopy development and yield. **Weed Technology**, v.36, n.1, p.73–78, 2022. DOI: 10.1017/wet.2021.70.
- CALDAS, J. V. S.; SILVA, A. F.; GOMES, L. S.; FERREIRA, L. R.; MORAES, P. H. R.; ALVES, G. S. Weed competition on soybean varieties from different relative maturity groups. **Agriculture**, v.13, n.3, p.725, 2023. DOI: 10.3390/agriculture13030725.

CQFS-RS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11.ed. Porto Alegre: Núcleo Regional Sul - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. 376p.

MONTEIRO, M. S.; MEDEIROS, P. V.; SCHEDENFFELDT, E. S.; MAUAD, B. F.; SALMAZO, M.; SILVA, P. A. V.; FRANCESCHETTI, G. P.; BICALHO, R. C.; DIAS, P. A.; MONQUERO, M. B. Controle de *Conyza spp.* e seletividade do 2,4-D em soja Enlist®. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.29, n.1, e280636, 2025. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v29n1e280636.

NUNES, A. L.; GAZZIERO, D. L. P.; OLIVEIRA NETO, A. M.; CONSTANTIN, J.; OSIPE, J. B.; BIFFE, D. F. A multiyear study reveals the importance of residual herbicides on weed control in glyphosate-resistant soybean. **Planta Daninha**, v.36, e018176135, 2018. DOI: 10.1590/S0100-83582018360100081.

RÜDELL, E. C.; FLECK, N. G.; AGOSTINETTO, D.; BIANCHI, M. A.; RIZZARDI, M. A. Weed interference capacity on soybean yield. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, v.74, n.2, p.9541–9547, 2021. DOI: 10.15446/rfnam.v74n2.98374.

SANTIN, C. O.; PERUZZO, R.; GALON, L.; MENEGAT, A.D.; FRANCESCHETTI, M.B.; HOLZ, C.M; TONI, R.J.; PERIN, G.F.; FORTE, C.T. Weed management in soybean using burndown herbicides associated to pre-emergent herbicides. **Communications in Plant Sciences**, v.9, p.22374027, p.46-52, 2019.

STRECK, E.V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. Solos do Rio Grande do Sul. 3ªed. Emater/RS-Ascar, BR: Porto Alegre/RS/BR, 2018, 252 p.

SBCPD - Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995.

TAMPUBOLON, K.; PURBA, E.; BASYUNI, M.; HANAFIAH, D.S. Management of glyphosate isopropylamine-resistant goosegrass (*Eleusine indica*) biotypes through pre-and post-emergence herbicides. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, v.72, n.3-4, p.85-98, 2024. DOI: 10.11118/actaun.2024.007

WSSA-CWSS - Weed Science Society of America. Alexandria: WSSA, 2022. **Proceedings...** Disponível em: <https://wssa.net/wp-content/uploads/2022-WSSA-CWSS-Proceedings-Final-April-4.pdf> . Acesso em: 24 jun. 2025.

## Seletividade de herbicidas pré-emergentes associados ao glufosinate de amônio em soja com tecnologia Enlist®

Tailana Iager<sup>(1\*)</sup>, Amanda Bernardi Rempel<sup>(2)</sup>, Gabrieli Enge Zamboni<sup>(1)</sup>, Eduarda Batistelli Giacomolli<sup>(2)</sup>, Lucas Tedesco<sup>(2)</sup>, Otavio Augusto Dassoler<sup>(2)</sup> e Leandro Galon<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus* Erechim/RS. <sup>(1)</sup> Discentes de Agronomia da UFFS, *Campus* Erechim/RS. <sup>(3)</sup> Docente da UFFS, *Campus* Erechim/RS. (\*) iagertailana@gmail.com.

**Resumo** – Este estudo investigou a seletividade de herbicidas pré-emergentes aplicados isoladamente ou combinados com glufosinate de amônio na cultivar de soja Brasmax Vênus CE. Avaliou-se, em dois anos agrícolas (2022/23 e 2023/24), o efeito dos herbicidas pré-emergentes pirazosulfuron-ethyl+flumioxazin, diuron+sulfentrazone, imazethapyr+flumioxazin, sulfentrazone+imazethapyr, S-metolachlor+fomesafen isolados ou em combinação com glufosinate de amônio em pós-emergência, além de um controle capinado e outro infestado. A fitotoxicidade dos herbicidas na soja foi avaliada aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos, e a produtividade de grãos foi mensurada na colheita. Todos os tratamentos, isolados ou combinados, foram seletivos para a soja, apresentando redução nos sintomas de fitotoxicidade à medida que as plantas se desenvolveram. Os tratamentos com pirazosulfuron-ethyl+flumioxazin, imazethapyr+flumioxazin, sulfentrazone+imazethapyr, pirazosulfuron-ethyl+flumioxazin+glufosinate de amônio, diuron+sulfentrazone+ glufosinate de amônio, sulfentrazone+imazethapyr+glufosinate de amônio e S-metolachlor+fomesafen+glufosinate de amônio proporcionaram os melhores resultados para os componentes de produção, com produtividade superior à testemunha capinada.

**Termos para indexação:** *Glycine max*, herbicidas residuais, misturas de herbicidas em tanque.

## Selectivity of pre-emergent herbicides combined with glufosinate-ammonium in Enlist® soybeans

**Abstract** – This study investigated the selectivity of pre-emergent herbicides applied alone or in combination with glufosinate-ammonium on the soybean cultivar Brasmax Vênus CE. Over two crop years (2022/23 and 2023/24), the effects of the pre-emergent herbicides pyrazosulfuron-ethyl+flumioxazin, diuron+sulfentrazone, imazethapyr+flumioxazin, sulfentrazone+imazethapyr, and S-metolachlor+fomesafen, applied alone or in combination with post-emergence glufosinate-ammonium was evaluated, along with one weed-free control and one weedy (infested) control. Herbicide phytotoxicity on soybean was assessed at 7, 14, 21 and 28 days after treatment application, and grain yield was measured at harvest. All treatments, whether applied alone or in

combination, were selective for soybean, with phytotoxicity symptoms decreasing as the plants developed. The treatments with pyrazosulfuron-ethyl+flumioxazin, imazethapyr+flumioxazin, sulfentrazone+imazethapyr, pyrazosulfuron-ethyl+flumioxazin+glufosinate-ammonium, diuron+sulfentrazone+glufosinate-ammonium, sulfentrazone+imazethapyr+glufosinate-ammonium, and S-metolachlor+fomesafen+glufosinate-ammonium provided the best results for yield components, with grain productivity surpassing that of the weed-free control.

**Index terms:** *Glycine max*, residual herbicides, tank herbicide mixtures.

## Introdução

A soja (*Glycine max* L.) é uma das culturas agrícolas mais importantes do mundo e do Brasil, tanto econômica quanto socialmente. Na safra 2023/24, a produtividade média de soja colhida no Brasil foi de aproximadamente 3.202 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2025). Diversos são os fatores que podem comprometer o bom desempenho das cultivares de soja, sendo a competição com as plantas daninhas um dos mais importantes. As plantas daninhas competem com as culturas pelos recursos disponíveis no meio como água, luz, nutrientes e espaço, afetando seu crescimento e desenvolvimento (Yu et al., 2023).

O avanço das novas tecnologias transgênicas, com cultivares resistentes a herbicidas, tem proporcionado novas estratégias no manejo das plantas daninhas, inclusive as de difícil controle oferecendo flexibilidade nas aplicações, utilização de diferentes mecanismos de ação e produção de forma mais sustentável (Silva et al., 2023).

Dentre estas tecnologias, encontra-se a soja Enlist™ a qual é resistente aos herbicidas 2,4-D sal colina, glyphosate e o glufosinate de amônio (Gazola et al., 2021). Essa tecnologia contribui para diversificar o modo de ação dos herbicidas aplicados no manejo químico das plantas daninhas, facilitando assim o controle das plantas daninhas problemáticas, resistentes e tolerantes ao glyphosate.

O glufosinate de amônio é um herbicida não seletivo, inibidor da glutamina sintetase (GS) e com amplo espectro de controle de diversas espécies de plantas daninhas (Foles et al., 2023). A associação de herbicidas pré-emergentes com o glufosinate de amônio pode se tornar uma estratégia vantajosa para o controle,

uma vez que reduz a infestação inicial e retarda a emergência de novas plantas daninhas ao longo do ciclo da cultura.

No entanto, o uso contínuo e intensivo dessas novas tecnologias, sem adequada rotação de mecanismos de ação, pode favorecer a seleção de plantas daninhas resistentes, como já aconteceu com o uso excessivo do glyphosate (Gazola et al., 2021).

Diante disso, objetivou-se com o trabalho avaliar a seletividade de herbicidas pré-emergentes associados ou não ao glufosinate de amônio aplicado em pós-emergência da cultivar de soja Brasmax Vênus CE.

### **Material e métodos**

Dois experimentos foram conduzidos na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus* Erechim/RS, nos anos agrícolas 2022/23 e 2023/24. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Alumino Férrico típico (Streck et al., 2018). A correção do pH e a adubação do solo foram realizadas de acordo com a análise físico-química e seguindo-se as recomendações técnicas à cultura da soja (CQFS-RS/SC, 2016).

Os experimentos foram instalados em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. A semeadura dos experimentos ocorreu em 05/12/2022 e 01/12/2023. Em ambos os experimentos se utilizou a cultivar de soja Enlist™ (Brasmax Vênus CE). A densidade média de semeadura foi de 15,7 sementes por metro linear. Para a adubação de base, foi utilizado 380 e 300 kg ha<sup>-1</sup> das fórmulas 05-20-20 e 05-30-15 (N-P-K) nos anos agrícolas 2022/23 e 2023/24, respectivamente.

Os tratamentos utilizados nos experimentos, doses e modalidade de aplicação estão descritos na Tabela 1. A aplicação dos herbicidas foi efetuada com pulverizador costal de precisão, pressurizado a CO<sub>2</sub>, equipado com quatro pontas de pulverização do tipo leque DG 110.02, mantendo-se a pressão constante de 210 kPa e velocidade de deslocamento de 3,6 km h<sup>-1</sup>, resultando numa vazão de 150 L ha<sup>-1</sup> de calda. As aplicações dos herbicidas pré-emergentes foram feitas no dia da semeadura (plante e aplique) e do pós-emergente no estágio V3 a V4 da soja.

**Tabela 1.** Tratamentos utilizados nos experimentos, respectivas doses de ingredientes ativos, doses de produtos comerciais e modalidade de aplicação, nos anos agrícolas 2022/23 e 2023/24. UFFS, *Campus Erechim/RS*.

Tratamentos	Doses (g i.a ha <sup>-1</sup> )	Doses P. C. (L ou kg ha <sup>-1</sup> )	Modalidade de aplicação
Testemunha capinada	---	---	---
Testemunha infestada	---	---	---
Pirazosulfuron-ethyl+flumioxazin	120+80	0,40	Pré
Diuron+sulfentrazone	490+245	1,40	Pré
Imazethapyr+flumioxazin	127+60	0,60	Pré
Sulfentrazone+imazethapyr	360+96	1,20	Pré
S-metolachlor+fomesafen	1036+240	2,00	Pré
Glufosinate de amônio	600	3,00	Pós
Pirazosulfuron-ethyl+flumioxazin+glufosinate de amônio	120+80+600	0,40+3,00	Pré/Pós
Diuron+sulfentrazone+glufosinate de amônio	490+245+600	1,40+3,00	Pré/Pós
Imazethapyr+flumioxazin+glufosinate de amônio	127+60+600	0,60+3,00	Pré/Pós
Sulfentrazone+imazethapyr+glufosinate de amônio	360+96+600	1,20+3,00	Pré/Pós
S-metolachlor+fomesafen+glufosinate de amônio	1036+240+600	2,00+3,00	Pré/Pós

A fitotoxicidade foi avaliada aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). Para isso, foram atribuídas notas percentuais, sendo zero (0%) a ausência de injúrias e (100%) para morte das plantas daninhas.

Após a colheita manual e a trilha da soja em área de 6 m<sup>-2</sup>, foi determinada a produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>). Para a análise, a umidade dos grãos foi padronizada para o teor de 13% e a produtividade dos grãos foi extrapolada para kg ha<sup>-1</sup>.

Os dados foram analisados conjuntamente e submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade das variâncias e, após a comprovação da normalidade dos erros, realizou-se análise de variância pelo teste F, sendo os resultados significativos, aplicou-se o teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

## Resultados e discussão

Os resultados demonstram que a aplicação do glufosinate de amônio em isolado ou associado aos demais herbicidas (Tabela 2) ocasionaram as maiores fitotoxicidades à soja, dos 7 aos 28 DAT (dias após a aplicação dos tratamentos). No entanto, essa fitotoxicidade foi inferior a 13% e atingiu índice menor que 7% aos 28 DAT. Desse modo, mesmo que os tratamentos citados demonstraram

maiores fitotoxicidades que os demais herbicidas, pode-se considerar porcentagem baixa.

**Tabela 2.** Fitotoxicidade (%) e produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) da cultivar de soja Brasmax Vênus CE, em função da aplicação de herbicidas, nos anos agrícolas 2022/23 e 2023/24. UFFS, Campus Erechim/RS.

Tratamentos	Fitotoxicidade (%)				Produt. <sup>2</sup> ( $\text{kg ha}^{-1}$ )
	7 DAT <sup>1</sup>	14 DAT	21 DAT	28 DAT	
Testemunha capinada	0 d <sup>3</sup>	0 d	0 c	0 c	2808 b
Testemunha infestada	0 d	0 d	0 c	0 c	333 d
Pirazosulfuron-ethyl+flumioxazin	11 b	6 c	2 b	0 c	2968 a
Diuron+sulfentrazone	11 b	7 c	2 b	2 b	2959 b
Imazethapyr+flumioxazin	10 b	7 c	2 b	2 b	2969 a
Sulfentrazone+imazethapyr	12 a	7 c	4 b	2 b	3105 a
S-metolachlor+fomesafen	8 c	6 c	2 b	0 c	2384 c
Glufosinate de amônio	11 b	9 b	9 a	6 a	2807 b
Pirazosulfuron+flumioxazin+glufosinate	12 a	10 b	7 a	5 a	3103 a
Diuron+sulfentrazone+glufosinate	12 a	12 a	10 a	6 a	2968 a
Imazethapyr+flumioxazin+glufosinate	11 b	11 a	7 a	2 b	2659 b
Sulfentrazone+imazethapyr+glufosinate	12 a	11 a	7 a	6 a	2969 a
S-metolachlor+fomesafen+glufosinate	11 b	10 b	7 a	5 a	3105 a
CV (%)	15	26	51	72	9
Média Geral	9	7	4	3	2680

<sup>1</sup> Dias após a aplicação dos tratamentos. <sup>2</sup> Produtividade. <sup>3</sup> Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Ao comparar os herbicidas pré-emergentes aplicados isoladamente com suas associações ao glufosinate de amônio, observou-se incremento na fitotoxicidade à soja (Tabela 2). Galon et al. (2022) ao associarem os herbicidas pré-emergentes diuron+sulfentrazone e imazethapyr+flumioxazin ao glyphosate, observaram alterações fisiológicas e metabólicas nas plantas de soja, tornando-as mais suscetíveis aos produtos, o que se assemelha ao observado no presente estudo.

Observou-se que a produtividade não é afetada pela fitotoxicidade, uma vez que os tratamentos se igualam ou superam aos resultados da testemunha capinada (Tabela 2). A produtividade superior a testemunha capinada pode estar relacionada a possível ocorrência de rebrotes em períodos de maior umidade no solo, sendo o controle químico mais eficiente no controle das plantas daninhas (Rudell et al., 2021).

Resultados semelhantes foram observados por Oliveira et al. (2024), em que o glufosinate de amônio ocasionou leve fitotoxicidade à soja, porém não ocorreu efeitos significativos na produtividade de grãos.

Observou-se que os tratamentos pirazosulfuron-ethyl+flumioxazin, imazethapyr+flumioxazin, sulfentrazone+imazethapyr, pirazosulfuron-ethyl+flumioxazin+glufosinate de amônio, diuron+sulfentrazone+glufosinate de amônio, sulfentrazone+imazethapyr+glufosinate de amônio e S-metolachlor+fomesafen+glufosinate de amônio demonstraram 7,3% (940 kg ha<sup>-1</sup>) produtividade média de grãos superior a testemunha capinada e 7,2% (218 kg ha<sup>-1</sup>) em relação à média dos tratamentos com os herbicidas diuron+sulfentrazone, glufosinate de amônio e imazethapyr+flumioxazin+glufosinate de amônio (Tabela 2).

A falta de controle das plantas daninhas ocasionou perdas de grãos superiores a 88% ao se comparar com a média de todos os tratamentos com herbicidas e com a testemunha capinada (Tabela 2). Desse modo, fica evidente a necessidade de efetuar o controle das plantas daninhas ao infestarem a cultura da soja.

## **Conclusões**

1. Todos os herbicidas utilizados, em isolados ou associados, foram seletivos à cultivar de soja Brasmax Vênus CE, diminuindo os sintomas de fitotoxicidade com o desenvolvimento da cultura.
2. A utilização de pirazosulfuron-ethyl+flumioxazin, imazethapyr+flumioxazin, sulfentrazone+imazethapyr, pirazosulfuron-ethyl+flumioxazin+glufosinate de amônio, diuron+sulfentrazone+ glufosinate de amônio, sulfentrazone+imazethapyr+glufosinate de amônio e S-metolachlor+fomesafen+glufosinate de amônio foram os tratamentos que demonstraram os melhores resultados na produtividade de grãos da soja.

## **Agradecimentos**

Ao CNPq, FAPERGS, UFFS, FINEp e a CAPES (Código de Financiamento - 001) pela concessão de bolsas e de apoio financeiro para execução da pesquisa.

## **Referências**

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <<https://www.gov.br/conab/pt-br/assuntos/noticias/ultimo-levantamento-da->



safra-2023-2024-estima-producao-de-graos-em-298-41-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 16 jun. 2025.

CQFS-RS/SC. 2016. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11.ed. Porto Alegre. 376p.

FOLES, W. C. S.; OLIVEIRA, K. C. L. de.; POSSAMAI, A. C. S.; FRANZ, G. M.; DIPPLE, F. L. Tecnologias de resistência a herbicidas na soja (*Glicine max* L. Merrill): revisão bibliográfica. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 6, p. 65-72, 2023. DOI:10.36560/16620231744.

GALON, L. CAVALETTI, D. C.; SILVA, M. R. da.; SILVA, A. F. da.; HENZ NETO, O. D. Seletividade e eficácia de herbicidas aplicados em soja para o controle de plantas daninhas. **Agrarian**, v. 15, n. 55, p. e15715, 2022. DOI: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v15i55.15715>.

GAZOLA, T.; GOMES, D. M.; BELAPART, D.; DIAS, M. F.; CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D. Selectivity and residual weed control of pre-emergent herbicides in soybean crop. **Revista Ceres**, v. 68, n. 3, p. 219-229, 2021. DOI:10.1590/0034-737x202168030008.

OLIVEIRA, T. S.; MARTINS, H. L.; CARREGA, W. C.; BARROSO, A. A. M.; ALVES, P. L. da C. A. A. Selectivity of 2, 4-D choline salt, glyphosate, glufosinate, and their mixtures for Enlist E3™ soybeans. **African Journal of Agricultural Research**, v. 20, n. 8, p. 693-701, 2024. DOI: 10.5897/AJAR2024.16683

RUDELL, E. C.; PETROLI, I. D. S.; SANTOS, F. M. dos.; FRANDALOSO, D.; SILVA, D. R. O. da. Weed interference capacity on soybean yield. **Revista Facultad Nacional de Agronomía de Medellín**. Medellín, v.74, n.2, p.9541-9547, 2021. DOI:<https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n2.89705>.

SILVA, P. H. O.; CÔRREA, F. R.; SILVA, N. F. da.; CAVALCANTE, W. S. da S.; RIBEIRO, D. F.; RODRIGUES, E. Efficiency of pre-emergent herbicides in weed management in soybean crops. **Brazilian Journal of Science**, v. 2, n. 4, p. 21–31, 2023. DOI: 10.14295/bjs.v2i4.267.

STRECK, E. V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. UFRGS: EMATER/Rs-ASCAR, Porto Alegre, v. 3, 2018, 251p.

YU, H.; CHE, M.; YU, H.; MA, Y. Research on weed identification in soybean fields based on the lightweight segmentation model DCSAnet. **Frontiers in Plant Science**, v.14, 2023. DOI:10.3389/fpls.2023.1268218

## Interação de agrotóxicos aplicados em soja com tecnologia Enlist®

Gabrieli Enge Zamboni<sup>(1\*)</sup>, Gilson Lucas Muller<sup>(2)</sup>, Lucas Tedesco<sup>(2)</sup>, Felipe Bittencourt Ortiz<sup>(2)</sup>, Letícia Bampi<sup>(2)</sup>, Ândrea Machado Pereira Franco<sup>(3)</sup>, Gismael Francisco Perin<sup>(4)</sup> e Leandro Galon<sup>(4,5)</sup>

(1) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Erechim, RS e bolsista da CAPES. (2) Estudante de agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Erechim, RS. (3) Técnica de Laboratório Hidrologia e solos da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Erechim, RS. (4) Docente do curso de Agronomia e do (5) Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Erechim, RS. (\*) gabrieli.zamboni18@gmail.com

**Resumo** – A tecnologia Enlist® é uma biotecnologia que confere a soja resistência a herbicidas, que auxilia no controle de plantas daninhas infestantes da cultura. Diante disso, objetivou-se avaliar a seletividade de agrotóxicos aplicados em isolados ou misturados ao tanque do pulverizador. Os experimentos foram conduzidos a campo em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos usados foram: testemunha capinada, glyphosate (445 g ha<sup>-1</sup>), 2,4-D colina (456 g ha<sup>-1</sup>), amônio-glufosinate (600 g ha<sup>-1</sup>), 2,4-D colina+glyphosate (456 + 445 g ha<sup>-1</sup>), tiametoxan+lambda-cialotrina (141+106 g ha<sup>-1</sup>), benzovindiflupyr+protioconazol (75+150 g ha<sup>-1</sup>), e suas combinações, totalizando 23 tratamentos. A aplicação de glyphosate+amônio-glufosinate+2,4-D colina+benzovindiflupyr+protioconazol+tiametoxan+lambda-cialotrina misturados ao tanque do pulverizador ocasionou as maiores fitotoxicidades a soja. O tiametoxan+lambda-cialotrina e benzovindiflupyr+protioconazol apresentaram as menores fitotoxicidades à soja. A combinação de glyphosate+amônio-glufosinate+2,4-D colina+benzovindiflupyr+protioconazol+tiametoxan+lambda-cialotrina proporcionou os melhores resultados para o número de vagens por planta, número de grãos por planta, peso de mil grãos e produtividade de grãos da soja.

**Termos para indexação:** *Glycine max* L., fitotoxicidade, biotecnologia.

## Interaction of pesticides applied to soybeans Enlist

**Abstract** – Enlist® technology is a biotechnology that confers herbicide resistance to soybeans, which helps control weeds that infest the crop. Therefore, the objective of this study was to evaluate the selectivity of pesticides applied in isolation or mixed in the sprayer tank. The experiments were conducted in the field in a randomized block design with four replications. The treatments used were: weeded control, glyphosate (445 g ha<sup>-1</sup>), 2,4-D choline (456 g ha<sup>-1</sup>), ammonium-glufosinate (600 g ha<sup>-1</sup>), 2,4-D choline+glyphosate (456+445 g ha<sup>-1</sup>), thiametoxan+lambda-cyhalothrin (141+106 g ha<sup>-1</sup>), benzovindiflupyr+prothioconazole (75+150 g ha<sup>-1</sup>), and their combinations,

totaling 23 treatments. The application of glyphosate+ammonium-glufosinate+2,4-D choline+benzovindiflupyr+prothioconazole+thiamethoxam+lambda-cyhalothrin mixed in the sprayer tank caused the greatest phytotoxicity to soybean. Thiamethoxam+lambda-cyhalothrin and benzovindiflupyr+prothioconazole showed the lowest phytotoxicity to soybean. The combination of glyphosate+ammonium-glufosinate+2,4-D choline+benzovindiflupyr+prothioconazole+thiamethoxam+lambda-cyhalothrin provided the best results for the number of pods per plant, number of grains per plant, thousand-grain weight and soybean grain yield.

**Index terms:** *Glycine max* L., phytotoxicity, biotechnology.

## Introdução

A soja (*Glycine max* L.) é uma planta subtropical de origem do sudeste da Ásia, com alta importância agrícola mundial e fonte de proteínas, isoflavonoides, saponinas, fitoesteróis, vitamina E, fibras alimentares e óleos vegetais de qualidade, tornando uma cultura com diversas características benéficas para a saúde (Balanesescu et al., 2022). O Brasil é o maior produtor de soja a nível mundial, com avanços tecnológicos relacionados ao manejo agrônomo, a exemplo da soja Enlist®, o qual tem contribuído para que se alcance elevadas produtividades (Corteva, 2023).

A soja com tecnologia Enlist® é uma inovação biotecnológica em que as cultivares apresentam resistência a herbicidas (como glyphosate, 2,4-D e glufosinato de amônio), oferecendo ao produtor maiores flexibilidade no manejo de plantas daninhas e contribuindo para o aumento do potencial produtivo da cultura (Nandula, 2019; Corteva, 2023). Contudo, o uso de diferentes agrotóxicos no manejo da cultura demanda atenção quanto as interações que podem ocorrer entre os produtos aplicados, visto que a combinação entre eles pode resultar em efeitos sinérgicos, aditivos ou antagônicos. Isso pode ocasionar fitotoxicidade e impactar na eficácia dos tratamentos e até mesmo ocasionar efeito negativo no desempenho produtivo da cultura (Riedo et al., 2025).

Diante disso o objetivo do trabalho foi avaliar a seletividade de agrotóxicos aplicados em isolados ou misturados ao tanque do pulverizador em pós-emergência na cultura da soja com tecnologia Enlist®.

## Material e métodos

Os experimentos foram conduzidos na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus* Erechim-RS, nos anos agrícolas 2021/22 e 2022/23. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Alumiférico típico. A correção da fertilidade do solo foi realizada de acordo com a análise química do solo e seguindo-se a recomendação técnica à cultura da soja (CQFS-RS/SC, 2016).

Os experimentos foram instalados em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, sendo os tratamentos testados dispostos na Tabela 1. A adubação química no sulco de semeadura foi de 433 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 05-20-20 de N-P-K. A cultivar de soja semeada em ambas as safras foi a Enlist Vênus 57K58RSFCE, na densidade de 15,75 sementes m<sup>-1</sup> e no espaçamento entre as linhas de 0,50 m.

**Tabela 1.** Tratamentos e doses aplicados em isolado ou em mistura em tanque na cultivar de soja Enlist Venus 57K58RSFCE, nos anos agrícolas 2021/22 e 2022/23. UFFS, *Campus* Erechim/RS, 2025.

Tratamento	Dose (g ha <sup>-1</sup> )
Testemunha capinada	---
Glyphosate	1335
2,4-D colina	912
Amonio glufosinate	600
2,4-D colina+glyphosate	971+1233
Tiametoxan+lambda-cialotrina	28+21
Benzovindiflupyr+protioconazol	34+68
Glyphosate+amonio glufosinate	1335+600
Glyphosate+2,4-D colina	1335+912
Glyphosate+tiametoxan+lambda-cialotrina	1335+28+21
Glyphosate+benzovindiflupyr+protioconazol	1335+34+68
Amonio glufosinate+2,4-D colina	600+912
Amonio glufosinate+tiametoxan+lambda-cialotrina	600+28+21
Amonio glufosinate+benzovindiflupyr+protioconazol	600+34+68
2,4-D colina+tiametoxan+lambda-cialotrina	912+28+21
2,4-D colina+benzovindiflupyr+protioconazol	912+34+68
Glyphosate+amonio glufosinate+2,4-D colina+tiametoxan+lambda-cialotrina	1335+600+912+28+21
Glyphosate+amonio glufosinate+2,4-D colina+benzovindiflupyr+protioconazol	1335+600+912+34+68
Tiametoxan+lambda-cialotrina+benzovindiflupyr+protioconazol	28+21+34+68
Glyphosate+2,4-D colina+amonio glufosinate	1233+971+600
Glyphosate+2,4-D+tiametoxan+lambda-cialotrina	1233+971+28+21
Glyphosate+2,4-D+benzovindiflupyr+protioconazol	1233+971+34+68
Glyphosate+amonio glufosinate+2,4 D colina+benzovindiflupyr+protioconazol+tiametoxan+lambda-cialotrina	1233+600+971+34+68+28+21

Os agrotóxicos foram aplicados com um pulverizador costal pressurizado a CO<sub>2</sub>, utilizando quatro pontas de pulverização leque DG11002, com volume de calda de 150 L ha<sup>-1</sup> quando a soja estava nos estádios V3 a V4, 29 dias após a emergência. As condições meteorológicas no momento da aplicação eram de 100% de luminosidade, temperaturas de 28,5 e 27 °C do ar e do solo, respectivamente, umidade relativa do ar de 36,7% e vento de 1,3 km h<sup>-1</sup>.

A fitotoxicidade dos agrotóxicos usados na soja foi avaliada aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação, utilizando-se uma escala percentual, onde 0% indica ausência de injúrias e 100% morte das plantas da cultura. Após a colheita em área útil de 6 m<sup>2</sup>, a produtividade de grãos foi calculada em kg ha<sup>-1</sup>, com umidade ajustada para 13%.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e aditividade, e a análise de variância foi realizada pelo teste F, em havendo significância aplicou-se o teste Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

## **Resultados e discussão**

Os resultados indicaram que a maior fitotoxicidade à soja ocorreu com a aplicação da combinação de glyphosate+amônio glufosinate+2,4-D colina+benzovindiflupyr+protioconazol+tiametoxam+lambd-cialotrina, dos 7 aos 35 dias após a aplicação – DAT (Tabela 2). Esse efeito pode estar relacionado ao uso simultâneo de múltiplos princípios ativos com diferentes mecanismos de ação, gerando estresse metabólico nas plantas. Outros estudos também apontam que misturas de agrotóxicos tendem a aumentar a fitotoxicidade na soja (Carvalho et al., 2020; Borges et al., 2025).

Por outro lado, as aplicações isoladas de tiametoxam+lambd-cialotrina e benzovindiflupyr+protioconazol apresentaram os menores níveis de fitotoxicidade, estatisticamente semelhantes à testemunha capinada, demonstrando alta seletividade, dos 7 aos 35 DAT. Os demais tratamentos apresentaram níveis intermediários de injúrias à soja (Tabela 2).

**Tabela 2.** Fitotoxicidade (%) de agrotóxicos aplicados em isolado ou em mistura em tanque na pós-emergência da cultivar de soja Enlist Venus 57K58RSFCE, nos anos agrícolas 2021/22 e 2022/23. UFFS, *Campus Erechim/RS*, 2025.

Tratamentos	Fitotoxicidade a soja (%)				
	7 DAT <sup>1</sup>	14 DAT	21 DAT	28 DAT	35 DAT
Testemunha capinada	0,00 f	0,00 e	0,00 d	0,00 d	0,00 c
Gly	5,56 e	0,31 e	0,31 d	0,00 d	0,00 c
2,4-D	6,94 d	5,00 d	2,75 c	0,88 d	0,31 c
Amo	4,69 e	2,06 e	2,06 d	0,56 d	0,25 c
2,4-D+Gly	10,00 c	6,50 d	5,00 c	2,50 c	0,00 c
Tia+lam	0,00 f	0,00 e	0,00 d	0,00 d	0,00 c
Ben+pro	1,75 f	0,00 e	0,00 d	0,00 d	0,00 c
Gly+amo	8,87 d	6,94 d	3,44 c	0,00 d	0,00 c
Gly+2,4-D	10,81 c	7,25 d	5,00 c	0,56 d	0,31 c
Gly+tia+lam	7,00 d	5,75 d	3,00 c	0,56 d	0,31 c
Gly+ben+pro	6,75 d	4,25 d	2,50 c	0,31 d	0,31 c
Amo+2,4-D	12,00 c	8,75 c	5,50 c	2,88 c	1,38 b
Amo+tia+lam	5,00 e	2,12 e	1,75 d	1,75 c	1,38 b
Amo+ben+pro	8,25 d	4,25 d	3,75 c	3,38 c	0,00 c
2,4-D+tia+lam	5,75 e	2,06 e	1,69 d	0,31 d	0,00 c
2,4-D+ben+pro	8,00 d	4,87 d	3,12 c	2,13 c	0,00 c
Gly+amo+2,4-D+tia+lam	19,50 b	12,87 b	8,75 b	7,75 b	3,31 b
Gly+amo+2,4-D+ben+pro	18,21 b	13,50 b	10,38 b	8,44 b	2,06 b
Tia+lam+ben+pro	4,44 e	3,56 d	3,56 c	3,25 c	1,69 b
Gly+2,4-D+amo	12,44 c	9,19 c	7,87 b	3,13 c	1,75 b
Gly+2,4-D+tia+lam	11,63 c	10,50 c	8,37 b	4,38 c	2,25 b
Gly+2,4-D+ben+pro	17,50 b	12,50 b	8,62 b	2,94 c	1,75 b
Gly+amo+2,4D+ben+pro+tia+lam	30,00 a	20,87 a	15,00 a	11,00 a	9,13 a
Média Geral	9,35	6,2	4,45	2,46	1,13
C.V. (%)	40,66	53,42	53,42	78,16	119,94

<sup>1</sup> Dias após a aplicação dos tratamentos. <sup>2</sup> Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a  $p \leq 0,05$ . Tratamentos: Gly= Glyphosate; 2,4-D= 2,4-D Colina; Amo= Amonio-glufosinate; Tia+lam= Tiametoxan+Lambda-cialotrina; Ben+pro= Benzovindiflupyr+Protiocanazol.

Os resultados demonstraram que o tratamento com a combinação de glyphosate+amônio-glufosinate+2,4-D colina+benzovindiflupyr+protiocanazol+tiametoxan+lambda-cialotrina foi o que proporcionou os melhores resultados para o número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), peso de mil grãos (PMG - g) e produtividade de grãos (PROD – kg ha<sup>-1</sup>) da soja (Tabela 3). Formulações mais complexas, como as testadas, mostraram potencial para aumentar a produtividade da soja Enlist Venus 57K58RSFCE, possivelmente devido à maior eficácia no controle de plantas daninhas, insetos e doenças que eventualmente tenham infestado a cultura, como também relatou Hasan et al., (2021) em seu estudo. Diante disso, percebe-se que o manejo químico adequado da lavoura pode influenciar significativamente nos componentes de rendimento de grãos da soja,

especialmente na variável produtividade que representa o maior interesse por parte do produtor.

**Tabela 3.** Número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), peso de mil grãos (PMG - g) e produtividade de grãos (PROD – kg ha<sup>-1</sup>) da cultivar de soja Enlist Venus 57K58RSFCE em função da aplicação de agrotóxicos em isolado ou em mistura em tanque na pós-emergência da cultura. UFFS, *Campus Erechim/RS*, 2025.

Tratamentos	Componentes de rendimento de grãos da soja			
	NVP <sup>1</sup>	NGP <sup>2</sup>	PMG <sup>3</sup>	PROD <sup>4</sup>
Testemunha capinada	56,43 <sup>ns</sup>	122,93 b	153,97 a	3448,61 a
Gly	54,38	111,53 b	152,12 a	3256,82 b
2,4-D	50,33	112,60 b	152,12 a	3333,28 b
Amo	51,08	108,95 b	146,65 a	2863,51 d
2,4-D+Gly	46,65	115,63 b	149,50 a	3112,93 c
Tia+lam	56,40	118,23 b	152,18 a	3284,63 b
Ben+pro	50,65	120,83 b	154,67 a	3038,22 c
Gly+amo	50,55	116,68 b	149,67 a	3098,24 c
Gly+2,4-D	51,00 a	116,03 b	156,17 a	3113,20 c
Gly+tia+lam	52,78 a	123,43 b	154,63 a	3143,14 c
Gly+ben+pro	54,73 a	113,50 b	155,80 a	3133,72 c
Amo+2,4-D	49,10 a	110,98 b	151,38 a	3172,76 c
Amo+tia+lam	47,20 a	108,95 b	153,57 a	3250,09 b
Amo+be+pro	49,73 a	105,40 b	148,97 a	3149,73 c
2,4-D+tia+lam	46,65 a	121,38 b	152,52 a	3166,33 c
2,4-D+ben+lam	47,38 a	104,53 b	156,51 a	2862,36 d
Gly+amo+2,4-D+tia+lam	58,03 a	122,38 b	149,64 a	3103,42 c
Gly+amo+2,4-D+ben+pro	53,83 a	108,20 b	154,68 a	3105,96 c
Tia+lam+ben+pro	57,05 a	128,13 b	151,14 a	3247,53 b
Gly+2,4-D+amo	55,40 a	102,65 b	154,29 a	3004,81 c
Gly+2,4-D+tia+lam	53,53 a	114,60 b	150,13 a	2833,27 d
Gly+2,4-D+ben+pro	51,20 a	117,95 b	157,77 a	3467,86 a
Gly+amo+2,4-D+ben+pro+tia+lam	61,40 a	165,60 a	156,43 a	3454,51 a
Média Geral	52,41	117,08	152,83	3158,48
C.V. (%)	19,21	20,34	5,98	4,79

<sup>1</sup> Número de vagens por planta. <sup>2</sup> Número de grãos por planta. <sup>3</sup> Peso de mil grãos. <sup>4</sup> Produtividade. Tratamentos: Gly= Glyphosate; 2,4-D= 2,4-D Colina; Amo= Amonio-glufosinate; Tia+lam= Tiametoxan+Lambda-cialotrina; Ben+pro= Benzovindiflupyr+Protioconazol.

## Conclusões

1. A aplicação de glyphosate+amônio-glufosinate+2,4-D colina+benzovindiflupyr+protioconazol+tiametoxan+lambda-cialotrina misturados ao tanque do pulverizador ocasionou as maiores fitotoxicidades a cultivar de soja Venus 57K58RSFCE.
2. As aplicações isoladas de tiametoxan+lambda-cialotrina e benzovindiflupyr+protioconazol apresentaram os menores níveis de fitotoxicidade a cultivar de soja Venus 57K58RSFCE.
3. Os tratamentos capinado, glyphosate+2,4-D colina+benzovindiflupyr+protioconazol e glyphosate+amônio-glufosinate+2,4-

D colina+benzovindiflupyr+protioconazol+tiametoxan+lambd-cialotrina resultaram nas maiores produtividades de grãos da soja.

## Agradecimentos

Ao CNPq, FAPERGS, UFFS, FINEp e CAPES (Código de Financiamento- 001) pela concessão de bolsas e de apoio financeiro para execução da pesquisa.

## Referências

- BALANESCU, F.; BUSUIOC, A.C.; BOTEZATU, A.V.D.; GOSAV, S.; AVRAMESCU, S.M.; FURDUI, B.; DINICA, R.M. Comparative study of natural antioxidants from Glycine max, anethum graveolens and pimpinella anisum seed and sprout extracts obtained by ultrasound-assisted extraction. **Separations**, v. 9, n. 6, p. 152, 2022. DOI: 10.3390/separations9060152
- BORGES, P. P. N. T.; SILVA, P. V. D.; SILVA, M. E.; FERRARI SCHEDENFFELDT, B.; FACCO CELIN, E.; MONQUERO, P. A. Mixture of auxinic herbicides for the control of *Conyza* spp. and its phytotoxic effects on soybean sown in sequence. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 60, n. 2, p. 91-101, 2025.
- CARVALHO, E. R.; ROCHA, D. K.; ANDRADE, D. B. D.; PIRES, R. M. D. O.; PENIDO, A. C.; REIS, L. V. Phytotoxicity in soybean seeds treated with phytosanitary products at different application times. **Journal of Seed Science**, v. 42, p. e202042036, 2020.
- CORTEVA. **Sistema Enlist®**. 2023. Disponível em: <https://www.corteva.com.br/produtos-e-servicos/tecnologias/sistema-enlist.html>. Acesso em: 07 jun. 2025.
- CQFS-RS/SC-Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11.ed. Porto Alegre: Núcleo Regional Sul - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. 376p.
- HASAN, M.; AHMAD-HAMDANI, M.S.; ROSLI, A.M.; HAMDAN, H. Bioherbicides: an eco-friendly tool for sustainable weed management. **Plants**, v. 10, n. 6, p. 1212, 2021. DOI: 10.3390/plants10061212
- NANDULA, V. K. Herbicide resistance traits in maize and soybean: current status and future outlook. **Plants**, v. 8, n. 9, p. 337, 2019.
- RIEDO, J.; RILLIG, M.C.; WALDER, F. Beyond dosage: the need for more realistic research scenarios to understand pesticide impacts on agricultural soils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 73, n. 17, p. 10093-10100, 2025. DOI: 10.1021/acs.jafc.4c12818



## 5. Ata e Artigos da Comissão de Genética, Melhoramento e Tecnologia de Sementes

A Comissão de Genética, Melhoramento e Tecnologia de Sementes, coordenada pela professora Nádia Canali Langaro (Universidade de Passo Fundo - UPF) e relatada por Vladirene Macedo Vieira (Embrapa Trigo), reuniram-se nos dias 13 e 14 de agosto de 2025, nas dependências da Faculdade de Direito da UPF em Passo Fundo/RS, contando com a presença dos seguintes participantes:

### 5.1 Participantes

#### 5.1.1 Representantes credenciados

Número	Nome	Instituição
1	Paulo Fernando Bertagnolli	Embrapa Trigo

#### 5.1.2 Demais participantes

Número	Nome	Instituição
1	Alcino Alves da Costa	UFSM
2	Ana Claudia Barneche de Oliveira	Embrapa Clima Temperado
3	Ana Paula Branbrilla Cioato	
4	Bruno Dal Molin Teles	
5	Carolina Cardoso Deuner	UPF
6	Cesar Bauer Gomes	Embrapa Clima Temperado
7	Cindy Correa Chaves	Atitus
8	Crislaine Sartori Suzana Milan	UPF
9	Fernando Cirolini	Cotrijal
10	Fernando Machado dos Santos	IFRS
11	Francini Vogel	
12	Gabrieli Enge Zamboni	UFFS
13	Glauber Renato Stürmer	CCGL-Tec
14	Gleison Sergio Catto	Cacil Sementes
15	Gilmar Berlanda	Embrapa Trigo
16	Jaqueline Marcondes Groth	
17	Joana Graciela Hanauer	Emater/RS
18	Jonas André Arnemann	UFSM
19	José Salvador Simoneti Foloni	Embrapa Trigo
20	Julia Renata Schneider	Univates/UPF
21	Kassiana Kehl	Fundação Pró-Sementes
22	Leandro Vargas	Embrapa Trigo
23	Leila Mara Costamilan	Embrapa Trigo
24	Lucas Haiduki	Fundação ABC
25	Maria Tereza Bolzon Soster	IFRS
26	Marines Pereira	UFFS
27	Nadia Canali Langaro	UPF
28	Naylor Bastiani Perez	Embrapa Pecuária Sul

29	Osmar Conte	Embrapa Trigo
30	Rafael Negretti	IFRS
31	Salathiel Antunes Teixeira	Fundação ABC
32	Silvia Maria Zanella Roveda	
33	Tailana Iager	UFFS
34	Vladirene Macedo Vieira	Embrapa Trigo
35	Weslei Bulling Mendes	IFRS
36	Wesley Borges Wurlitzer	Univates

## 5.2 Trabalhos apresentados

Número	Título	Apresentador
35330	Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja armazenadas com três níveis de danos por umidade	Maria Tereza Bolzon Soster
35554	Ensaio de cultivares em Rede (ECR®) soja safra 2024/2025	Kassiana Kehl
38588	Produtividade de genótipos de soja em semeadura direta sobre pasto de inverno durante três safras em Bagé/RS	Naylor Bastiani Perez

## 5.3 Trabalho destaque

Número	Título	Apresentador
35554	Ensaio de cultivares em Rede (ECR®) soja safra 2024/2025	Kassiana Kehl

## 5.4 Atualizações das indicações técnicas

1. Atualização dos dados do Ensaio de Cultivares em Rede (ECR®) - Fundação Pró-Sementes, incluindo a metodologia do ensaio no texto que apresenta o mesmo na publicação das indicações técnicas. Incluir também o link de acesso a publicação no site da Fundação Pró-Sementes, permitindo acessar os resultados de todas as safras.
2. Inserção de resultados dos ensaios de competição de cultivares conduzidos pelo Irga;
3. Inserção do texto sobre qualidade de sementes, conforme proposto na 43ª RPSRSul, no Capítulo 3 da próxima publicação das indicações técnicas. Professora Nádia (UPF) e Vladirene (Embrapa Trigo) irão contribuir no texto.

### **5.5 Necessidades e prioridades de pesquisa**

1. Em vista da potencial mudança dos padrões de classificação de grãos de soja, que poderão contemplar teores de proteína e de óleo, dentre outros requisitos, sugere-se aos programas de melhoramento a adequação necessária para atender essas novas demandas de mercado;
2. Sugestão para condução do Ensaio de Cultivares em Rede (ECR®) - Fundação Pró-Sementes: realizar a avaliação em três grupos de maturidade (5 a 5.5, 5.6 a 6.0 e 6.1 a 6.5), além da avaliação por tecnologia;

### **5.6 Proposições apresentadas**

1. Envio de convites, por meio da coordenação da próxima RPSRSul, para instituições de pesquisa e de ensino visando fomentar a participação com trabalhos que contribuam para o avanço científico nos temas desta comissão;

### **5.7 Resumos expandidos**

## **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja armazenadas com três níveis de danos por umidade**

Gleison Sergio Catto<sup>(1)</sup>, Maria Tereza Bolzon Soster<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Eng. Agrônomo, Curso de Especialização Lato Sensu em Sistema de Produção Vegetal no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia *Campus* Sertão, Sertão, RS. E-mail: gleison.catto@hotmail.com. <sup>(2)</sup> Eng<sup>a</sup>. Agr<sup>a</sup>. MSc. Dr<sup>a</sup>, Professora e Coordenadora do Curso de Especialização Lato Sensu em Sistema de Produção Vegetal no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia *Campus* Sertão, Sertão, RS. E-mail: maria.soster@sertao.ifrs.edu.br.

**Resumo** - A qualidade fisiológica das sementes é de extrema importância para o estabelecimento de uma lavoura. Danos por umidade causam perdas significativas do vigor da semente, consequentemente diminuem seu percentual de germinação e comprometem o desenvolvimento da planta. Objetivou-se com este trabalho avaliar o potencial de armazenagem de sementes de soja em diferentes níveis de dano de umidade e seu vigor inicial ao longo de 180 dias de armazenagem em ambiente não climatizado para fins industriais. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 3 (lotes 1 (20% de dano), 2 (21 a 30% de dano) e 3 (acima de 30% de dano) x 4 (tempo de armazenagem: 0, 60, 120, 180 dias). A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada pelo teste de germinação e vigor, em areia, viabilidade, vigor, dano mecânico e dano de umidade pelo teste de tetrazólio. Utilizou-se semente de soja da cultivar 580 I2X e constatou-se que lotes com danos de umidade até 20%, tendem a manter a qualidade durante o tempo de armazenamento estudado (até 180 dias), ao passo que, lotes com danos de umidade maiores que 21%, foram mais atingidos quanto a germinação e vigor ao longo do armazenamento. Os níveis de dano de umidade evoluíram de forma semelhante entre os lotes estudados durante o tempo de armazenamento. Conclui-se a importância de se estabelecer níveis de danos para a semente, entender o processo de manutenção e perda de vigor, que a nível industrial, para que se montem estratégias de armazenamento e comercialização dos materiais que garantam a qualidade.

**Termos para Indexação:** *Glycine max*, emergência, vigor das sementes, dano de umidade, armazenagem.

## **Evaluation Of The Physiological Quality Of Stored Soybean Seeds With Three Level Moisture Damages**

**Abstract** - The physiological quality of seeds is extremely important for the establishment of a crop. Moisture damage causes significant losses in seed vigor, consequently reducing its germination percentage and impairing plant development. The objective of this study was to evaluate the storage potential of soybean seeds at different levels of moisture damage and their initial vigor over 180 days of storage in a non-climatic environment. The experiment was conducted in factorial traits with design in a 3 (1 (20% damage), 2 (21 to 30% damage) and 3 (more than 30% damage) x 4 storage time (0, 60, 120, 180 days).

The physiological quality of the seeds was evaluated by the germination and vigor test in sand, viability, vigor, mechanical damage and moisture damage by the tetrazolium test. Soybean seeds lots of cultivar 580 I2X, and was verification that lots with 20% damage, tend to maintain quality during the studied storage time (at 180 days), as well as the lot with damage moisture more that 21%, was more prejudiced on reduction in germination and vigor during storage. The levels of moisture damage evolved similarly among the studied lots during the storage period. This study concluded the importance of established level damage at seeds, to stand the process of the maintenance and vigor lost, that industrial level, for the strategies was due to materials storage and commercialization that guaranteed quality.

**Index terms:** *Glycine max*, emergence, seed vigor, moisture damage, storage.

## Introdução

A semente de soja, de alta qualidade, deve ter altas taxas de germinação, vigor e sanidade, além de garantias de purezas física e varietal, estabelecendo plântulas de alto desempenho, que geram plantas fortes, vigorosas, bem desenvolvidas e que se estabelecem em diferentes condições edafoclimáticas, com maior velocidade de emergência e de desenvolvimento da lavoura (KRZYZANOWSKI, 2018).

Diversos fatores podem afetar as qualidades fisiológica e sanitária da semente de soja, na qual podemos destacar a deterioração por umidade, dano mecânico e ataque fungos e de percevejos. A deterioração por umidade ocorre pela flutuação diária de alta e baixa umidade relativa do ar, sendo intensificadas se tais condições estiverem associadas às condições de elevadas temperaturas (HENNING, 1984). Para Delouche (2002) além dos fatores climáticos, a herança genética tem influência na velocidade da deterioração, e uma vez que as sementes sofreram deterioração, seu tegumento fica frágil e se tornam mais suscetíveis a impactos mecânicos, o que pode resultar em elevados índices de dano mecânico na colheita.

O processo de deterioração por umidade é um grande problema na produção de sementes, sendo um processo degenerativo contínuo e irreversível, iniciando logo após a maturidade fisiológica e continua até a perda da viabilidade da semente (HAMER & HAMER, 2003).

A etapa de armazenagem é fundamental para preservar a qualidade das sementes quando as condições de conservação forem favoráveis (FORTI et al.,

2010). Podemos citar alguns fatores que influenciam na conservação do potencial fisiológico das sementes, que são a qualidade e o teor de água iniciais das sementes, a umidade relativa do ar e a temperatura do ambiente (SMANIOTTO et al., 2014). Outro aspecto relevante a ser considerado é que lotes de sementes de uma mesma variedade e com a mesma idade cronológica podem ter desempenho fisiológico distintos, por apresentarem diferentes níveis de deterioração. Deterioração e vigor são processos fisiológicos relacionados, pois quando a deterioração progride há uma correspondente redução no vigor. (KRZYZANOWSKI et al., 2021).

Assim objetivou-se com este trabalho, avaliar o potencial de armazenamento de lotes de semente de soja com diferentes níveis de qualidade fisiológica em armazém não climatizado ao longo de 180 dias, a fim de criar argumentos na tomada de decisão em adquirir ou descartar de lotes de semente de soja com baixa qualidade quando chegam a uma UBS (Unidade de beneficiamento de sementes).

## **Materiais e métodos**

O presente trabalho foi desenvolvido na Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS) da empresa Cacil Comercial Agrícola Ciro Ltda, localizada no município de Estação, RS. Foram utilizadas sementes de soja *Glycine max* cv. Soytech 580 I2X, selecionados de três lotes com diferentes qualidades fisiológicas, sendo um lote com alta qualidade com nível de dano de umidade (D.U.) até 20%; um lote de média qualidade com D.U entre 20% e 30%; e um lote de baixa qualidade com D.U acima de 30%.

Ao longo do armazenamento foram coletadas amostras de semente diretamente na pilha, conforme portaria nº 538 de 20 de dezembro de 2022. Amostragem foi realizada a cada 60 dias (0, 60, 120 e 180 dias) para avaliação da qualidade fisiológica da semente, com objetivo de representar na prática o armazenamento até o momento da próxima semeadura, iniciando as coletas no mês de maio e finalizando no mês de novembro.

Visando a avaliação da qualidade fisiológica da semente foi analisado o percentual de germinação das sementes em substrato areia, vigor em substrato

areia e teste de tetrazólio visando identificar danos mecânico e de umidade nas sementes, realizados em laboratório credenciado (Unilab – Laboratório de Análise de Sementes Ltda, credenciado no RENASEM nº RS-00834/2006), conforme as Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009).

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 3 x 4 (três níveis de qualidade fisiológica da semente: lote bom com dano de umidade até 20%, lote intermediário com danos entre 20% e 30% e lote ruim com dano acima de 30% e quatro tempos de armazenagem: 0, 60, 120, 180 dias, sendo T1, T2, T3 e T4 respectivamente), com três repetições. Os dados foram analisados por meio de análise de variância, e as médias, comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## Resultados e discussão

As análises de variância dos dados revelaram efeito significativo para época de armazenamento e lotes com diferentes qualidades, e para germinação em areia, vigor em areia, viabilidade e vigor no teste de tetrazólio e não significativa para dano de umidade e dano mecânico (Tabela 1).

**Tabela 1.** Porcentagem média de emergência e vigor das plântulas de soja cultivar 580 I2X em areia, com três níveis de dano por umidade, durante quatro tempos de Armazenamento (n = 600 sementes).

Tempo de Armazenamento	Lote Bom	Lote Intermediário	Lote Ruim
Emergência em areia (%)			
T1 (0 dias)	93,3 aA	91,7 aA	88,3 aB
T2 (60 dias)	90,3 aA	90,7 aA	88,7 aA
T3 (120 dias)	92,0 aA	90,7 aA	86,0 aB
T4 (180 dias)	90,7 aA	89,3 aA	81,0 bB
Vigor em areia (%)			
T1 (0 dias)	90,3 aA	89, aAB	85,0 aB
T2 (60 dias)	87,3 aA	87,0 aA	85,0 aA
T3 (120 dias)	88,3 aA	88,0 aA	82,3 aB
T4 (180 dias)	88,0 aA	85,3 aA	75,0 bB

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Ao desdobrar as interações para a característica emergência e vigor em areia (Tabela 1), encontramos que os lotes Bom e Intermediário não reduziram a emergência ao longo dos 180 dias de armazenamento, contrastando com o

lote Ruim. Também, o lote Ruim apresentou qualidade inferior, nas avaliações de emergência e vigor em areia (Tabela 1), exceto no tempo (T2) de armazenamento.

No teste de tetrazólio, verificou-se resultados semelhantes na avaliação de viabilidade e vigor no TZ (Tabela 2), os Lotes Bom e Intermediário não reduziram a qualidade fisiológica, enquanto o Lote Ruim, apresentou redução na viabilidade e no vigor a partir de 120 dias de armazenamento (T3). Podendo ser um indicativo de tempo máximo de armazenamento.

**Tabela 2.** Porcentagem média de viabilidade (classe 1-5) e vigor (classes 1-3) obtidas pelo teste de tetrazólio de semente de soja da cultivar 580 I2X, com três níveis de danos de umidade, durante quatro tempos de armazenamento (n = 1.200 sementes).

Época de Armazenamento	Lote Bom	Lote Intermediário	Lote Ruim
Viabilidade (%)			
E1	94,7 aA	92,7 aA	88,0 aB
E2	93,0 aA	92,0 aA	91,3 abA
E3	95,3 aA	95,0 aA	85,0 bB
E4	94,7 aA	92,3 aA	78,7 cB
Vigor (%)			
E1	90,7 aA	88,3 aA	82,3 aA
E2	88,7 aA	87,3 aA	86 abA
E3	91,3 aA	90,3 aA	77,3 bB
E4	90,3 aA	87,3 aA	70,0 cB

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para França Neto & Krzyzanowski (2001) vigor é o inverso da deterioração, ou seja, sementes com maior vigor inicial possuem taxa de deterioração menor, ao passo que lotes com vigor baixo possuem um período de armazenagem menor.

Para as variáveis dano mecânico e dano de umidade, não houve interação entre os fatores, porém podemos observar (Tabela 3), que o Lote Ruim apresenta maior dano mecânico e dano de umidade comparados aos Lotes Intermediário e Bom.

**Tabela 3.** Porcentagem média de dano mecânico e dano de umidade obtidas pelo teste de tetrazólio de semente de soja da cultivar 580 I2X de acordo com a qualidade fisiológica inicial.

Qualidade fisiológica	Dano Mecânico (%)	Dano de Umidade (%)
Lote Bom	30,2 b	25,0 b
Lote Intermediário	31,4 b	25,7 b
Lote Ruim	44,6 a	33,4 a

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.



Quando as variáveis isoladas ao longo do período de armazenagem (Tabela 4), observa-se que o dano mecânico não apresentou mudança ao longo do período de armazenamento, ao passo que o dano de umidade o dano de umidade se elevou aos 180 dias de armazenagem.

**Tabela 4.** Porcentagem média de dano mecânico e dano de umidade obtidas pelo teste de tetrazólio de semente de soja da cultivar 580 I2X durante o tempo de armazenamento.

Período de armazenamento	Dano Mecânico (%)	Dano de Umidade (%)
T1 (0 dias)	32,4 a	25,7 b
T2 (60 dias)	34,3 a	24,8 b
T3 (120 dias)	36,7 a	25,9 b
T4 (180 dias)	38,2 a	35,8 a

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

## Conclusões

1. Lotes de sementes de soja da cultivar 580 I2X, com danos de até 20%, tendem a se manter, enquanto os lotes com danos maiores que 20%, tendem a perderem a qualidade mais rapidamente.
2. Entender a manutenção da qualidade e o período limítrofe de armazenamento auxilia a montar estratégias de armazenamento, comercialização e até mesmo, condução da produção quando a matéria-prima é sementes.

## Agradecimentos

À Unilab Laboratório de Análises de Sementes Ltda pela realização das análises das sementes. À empresa Cacil Comercial Agrícola Ciro Ltda pela cessão das sementes.

## Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399p.

DELOUCHE, J. C. Deterioração de sementes. **Seed News**, Pelotas, v. 6, n. 6, p. 24-31, 2002.

FORTI, V. A.; CICERO, S. M.; PINTO, T. L. F. Avaliação da evolução de danos por “umidade” e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raios x e testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 123–133, set. 2010.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Vigor de Sementes. **ABRATES**, v. 11, n.3, p. 81-84, 2001.

HAMER, E.; HAMER, E. Produção de sementes requer planejamento. **Seed News**, Pelotas, ano 7, n. 4, p. 25-26, 2003.

HENNING, A.A. Qualidade sanitária da semente. In: FRANÇA-NETO, J.B e HENNING, A.A. Qualidades fisiológica e sanitária de sementes de soja. **Embrapa-CNPSO**, Londrina, n. 9, p.25-39, out. 1984.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. **Embrapa Soja**, Londrina, n. 136, p. 24, mai. 2018.

KRZYZANOWSKI, F. C.; DIAS, D. C. F. S.; FRANÇA NETO, J. B. F. Deterioração e vigor das sementes. **Seed News**, Pelotas, Ed. XXV, jan. 2021.

SMANIOTTO, T. A. D. S. et al. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 446–453, abr. 2014.

## Ensaio de cultivares em Rede (ECR®) soja safra 2024/2025

Kassiana Kehl<sup>(1\*)</sup>, Diego Baretta<sup>(1)</sup> e Jacson Vinicius Turra Gandin<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Pesquisador, Fundação Pró-Sementes, Passo Fundo, RS. <sup>(2)</sup> Supervisor de Pesquisa, Fundação Pró-Sementes, Passo Fundo, RS. (\*) kassiana@fundacaoprosementes.com.br.

**Resumo** – São muitas as cultivares de soja a disposição do produtor, a escolha não é uma tarefa fácil, quando somada à anos climáticos desafiadores ela se torna ainda mais difícil. Na safra 2024/2025 foram conduzidos ensaios em 9 municípios do Rio Grande do Sul para avaliar o potencial produtivo de 35 cultivares de soja. O intuito dos ensaios ECR® é demonstrar esta gama de opções em diferentes regiões do estado a fim de que o produtor obtenha maior lucratividade em sua lavoura, acertando mais na escolha de cultivares melhor adaptadas para cada região. O potencial produtivo das cultivares variou dentre os ambientes e a máxima diferença de produtividade entre as cultivares de ciclo precoce foi de 43 sacas por hectare em Júlio de Castilhos.

**Termos para indexação:** *Glycine max L.*, ambientes, variabilidade.

## Network cultivar trial (ECR®) soybean crop 24/25

**Abstract** – There are many soybean cultivars available to producers, and choosing one is not an easy task, and when combined with challenging weather conditions, it becomes even more difficult. In the 2024/2025 harvest, trials were conducted in 9 municipalities in Rio Grande do Sul to evaluate the productive potential of 35 soybean cultivars. The purpose of the ECR® trials is to demonstrate this range of options in different regions of the state so that producers can obtain greater profitability from their crops, making better choices when choosing cultivars that are best adapted to each region. The productive potential of the cultivars varied between the environments and the maximum difference in productivity between the early cycle cultivars was 43 bags per hectare in Júlio de Castilhos

**Index terms:** *Triticum aestivum L.*; Environment; Variability.

## Introdução

A soja continua sendo a principal cultura cultivada no Brasil. As primeiras estatísticas oficiais de registro de produção da cultura datam de 1941 (Verneti, 1977), no Rio Grande do Sul, e de 1945, no estado de São Paulo (Miyasaka; Medina, 1981). Os principais estados produtores são Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul que juntos representam 53,45% da área cultivada no Brasil (Conab, 2025). Em razão da importância que a cultura tem para a economia do

país são muitos os esforços dedicados ao desenvolvimento de cultivares a fim de aumentar a produtividade por área e o estabelecimento em ambientes e condições não tão favoráveis.

O Registro Nacional de Cultivares aponta mais de 2.500 cultivares de soja registradas (MAPA, 2025), obviamente muitas destas já deixaram de ser produzidas ou possuem uma indicação de cultivo para determinadas regiões, tendo em vista a dimensão territorial e a heterogeneidade de ambientes em nosso país. Ao analisarmos o mercado de soja do Rio Grande do Sul, encontramos um número grande de cultivares sendo ofertadas, dados da APASSUL (2025), tem apontado um número de 27 cultivares sendo as mais comercializadas nas últimas quatro safras no estado. A grande disponibilidade de materiais ofertados gera, por vezes, dúvida aos produtores ao escolher as cultivares a serem semeadas em suas propriedades.

A margem de lucratividade nas últimas safras tem se estreitado, sendo que atualmente o custo médio para se cultivar soja está em 42,5 scs/ha (CEPEA, 2024) fato que não deixa espaço para erros durante a tomada de decisão.

O objetivo deste trabalho foi avaliar em diferentes regiões o desempenho produtivo das principais cultivares de soja comercializadas no estado do Rio Grande do Sul.

## **Material e métodos**

Foi realizado o levantamento das 35 cultivares mais produzidas na safra 2023/2024 consultando a base de dados do SIGEF-MAPA (Sistema de Gestão da Fiscalização do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento) no estado do Rio Grande do Sul.

A partir deste levantamento, as cultivares foram divididas em dois grupos conforme o grupo de maturação fisiológica e testadas no ECR® (Ensaio de Cultivares em Rede): ECR GI (GM 5.0 a 5.9) e ECR GII (GM 6.0 a 6.5) observando-se a indicação de cultivo nas diferentes regiões do estado pelo obtentor e Zoneamento Agrícola.

Os locais de instalação dos experimentos foram escolhidos adotando-se o critério de representatividade da cultura e heterogeneidade ambiental. A rede de ensaios contemplou 9 municípios: Arroio Grande, Bagé, Cachoeira do Sul,

Cacequi, Júlio de Castilhos, São Luiz Gonzaga, Santo Augusto, Passo Fundo e Vacaria.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições. As parcelas foram constituídas por quatro linhas com cinco metros de comprimento, espaçadas de 0,50 m. A densidade de semeadura foi definida de acordo com as recomendações do obtentor, variando entre as cultivares e regiões de 200.000 sementes/ha 320.00 sementes/ha, utilizando-se semeadora experimental, sistema pneumático e taxa variável.

O rendimento de cada parcela foi realizado pelo peso de grãos colhidos, corrigindo-se a umidade para 13% e, após, transformado em  $\text{kg.ha}^{-1}$ . Além do rendimento foram avaliados estande populacional da parcela (contagem de plantas por metro linear), altura de plantas, reação ao acamamento (0 = todas as plantas eretas e 5 = mais que 80% de plantas acamadas), número de dias da emergência à floração e a maturação.

## **Resultados e discussão**

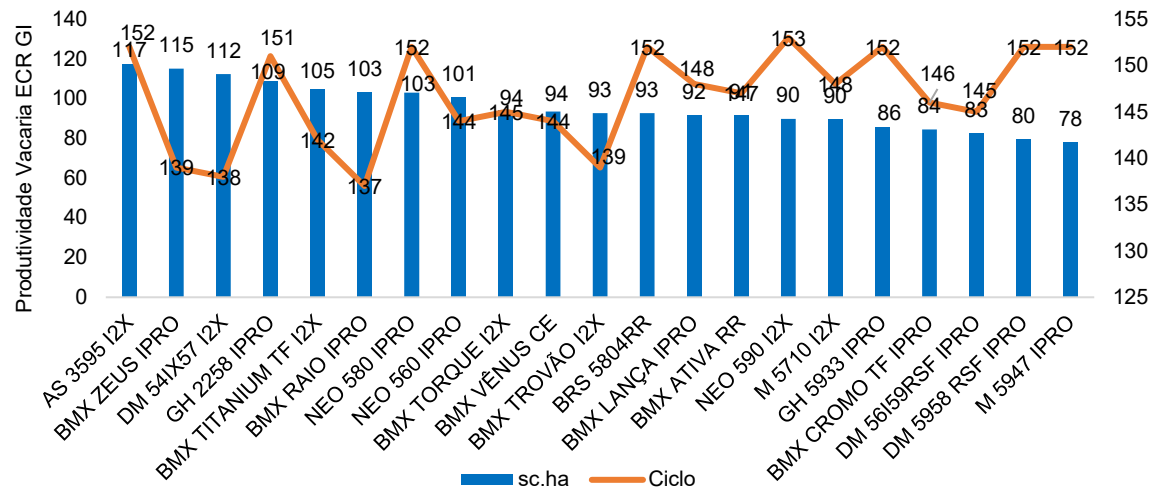
Em 2024/2025 passamos por mais uma safra desafiadora, durante a implantação tivemos em geral boas condições para o estabelecimento das plantas, na metade sul especificamente Bagé e Arroio Grande houve a necessidade de aguardar um pouco mais a instalação em relação a data prevista em razão da pouca umidade disponível no solo.

Posterior a implantação tivemos no sul e oeste do estado a predominância da falta de chuvas, situação que foi revertida apenas em meados de fevereiro. Já região central e norte do estado a estiagem foi mais severa da floração até a maturação das plantas comprometendo drasticamente a produtividade. Alguns campos experimentais foram perdidos em razão da falta de chuva, sendo eles Cacequi e Santo Augusto.

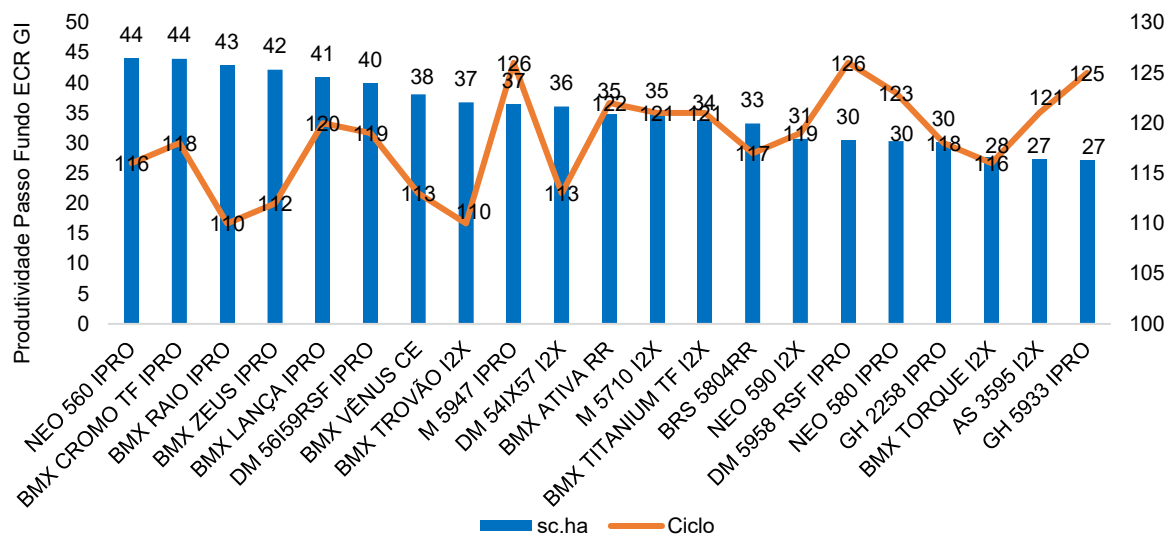
A produtividade média entre os locais variou de  $5.748 \text{ kg.ha}^{-1}$  no ECR Grupo I de Vacaria (Figura 1) à  $2.119 \text{ kg.ha}^{-1}$  no ECR Grupo I de Passo Fundo (Figura 2). A maior produtividade registrada entre as cultivares foi de  $7.049 \text{ kg.ha}^{-1}$  equivalente a 117 sacos/ha em Vacaria.

Devido a limitação de espaço estão evidenciados apenas os gráficos que demonstram a amplitude de produção entre os ambientes. Além do ECR GI, tem-

se a informação de cultivares mais longas (ERC GII), além de outros caracteres agrônômicos como reação ao acamamento, altura de planta, dias da emergência a floração e médias das duas últimas safras para aquelas cultivares que participaram do projeto em 23/24 e 24/25.

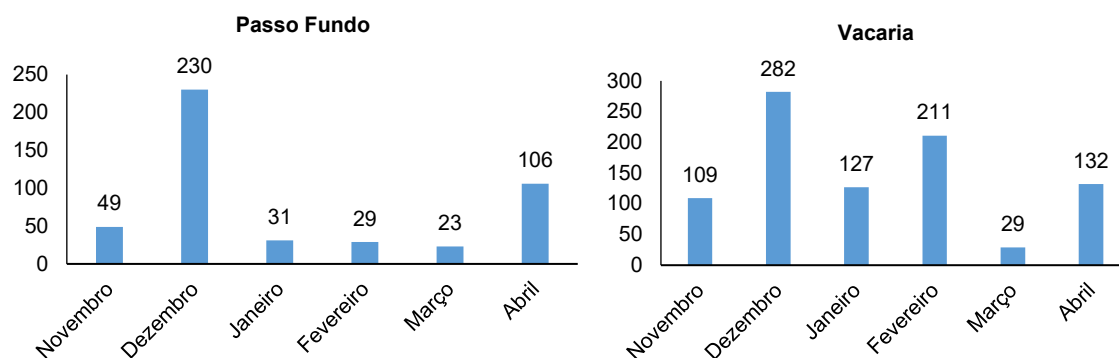


**Figura 1.** Produtividade e ciclo das cultivares precoces em Vacaria.



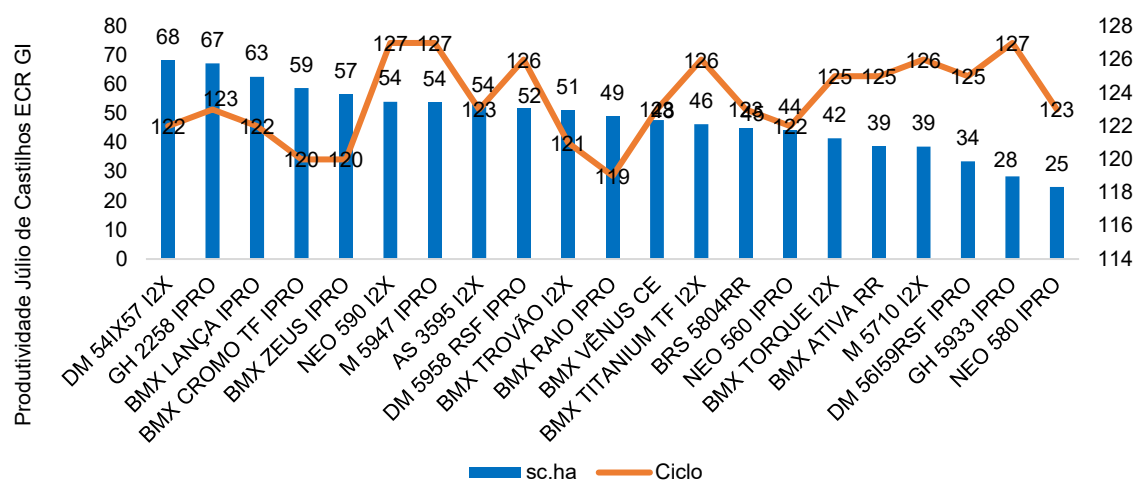
**Figura 2.** Produtividade e ciclo das cultivares precoces em Passo Fundo.

Podemos observar pela Figura 3 a diferença no acumulado em mm de chuva destes dois locais durante o desenvolvimento da cultura.



**Figura 3.** Precipitação pluvial (mm) ocorrida de novembro/2024 à abril/2025 em Passo Fundo e Vacaria.

Em um mesmo local (Figura 4) a variação de produtividade dentro do mesmo ensaio foi de 43 scs/ha entre a cultivar mais produtiva e a menos produtiva, isso ressalta a importância da escolha da cultivar em cada ambiente.



**Figura 4.** Produtividade e ciclo das cultivares de ciclo precoce em Júlio de Castilhos.

## Conclusões

1. O potencial produtivo das cultivares variou dentre os ambientes.
2. A diferença de produtividade entre cultivares de ciclo semelhante resultou em uma diferença de produtividade entre a cultivar mais produtiva e a menos produtiva de 43 sacas por hectare.

## Referências

APASSUL – Associação dos Produtores de Sementes e Mudanças do Rio Grande do Sul. **Estatísticas de Soja - Atualização Safra 2023 2024**. Disponível em: <<https://www.apassul.com.br/Estatisticas-de-Soja---Atualizacao-Safra-2023-2024.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2025.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Custos grãos maio 2024**. Disponível em: <<https://www.cepea.org.br/upload/revista/pdf/0405278001718391141.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2025.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries Históricas das Safras**. Grãos. Soja. Disponível em: <<https://www.gov.br/conab/pt-br/atualizacao/informacoes-agropecuarias/safras/series-historicas/graos/soja/soja.xls/view>>. Acesso em: 27 jun. 2025.

MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Registro Nacional de Cultivares**. Disponível em: <[https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas.php](https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php)>. Acesso em: 27 jun. 2025.

MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, 1981.

VERNETTI, F. de J. História e importância da soja no Brasil. **A Lavoura**, 81 (nov./dez.): 21-24, 1977.



## **Produtividade de genótipos de soja em semeadura direta sobre pasto de inverno durante três safras em Bagé- RS**

Ana Claudia Barneche de Oliveira<sup>(1)</sup>, Naylor Bastiani Perez<sup>(2\*)</sup>, Kanauã de Moraes de Castro de Oliveira<sup>(3)</sup>, Maria Eduarda Marques de Oliveira<sup>(3)</sup> e Maicon Silva dos Santos Lopes<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Pesquisador, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. <sup>(2)</sup> Pesquisador, Embrapa Pecuária Sul, Bagé, RS. <sup>(3)</sup> Bolsista PIBIC, Acadêmico do Curso de Engenharia Agrônoma, Instituto Federal Sul-rio-grandense, Bagé, RS. (\*) naylor.perez@embrapa.br.

**Resumo** – Foram avaliados trinta e um genótipos de soja entre linhagens RR do programa de melhoramento da Embrapa, cultivares RR, IPRO, Enlist® e Xtend®, com distintos grupos de maturidade relativa, em três safras entre os anos de 2022 e 2025. As parcelas foram implantadas por semeadura direta entre 29 de novembro e 07 de dezembro, em sistema ILP, após dessecação da biomassa residual da pastagem de inverno. Durante o período de avaliação os cultivos passaram por efeito de déficit e excesso hídrico. Os genótipos de soja apresentaram desempenho adequado em sistemas com Integração Lavoura Pecuária (ILP), com produtividades médias entre 2.300 kg ha<sup>-1</sup>, na safra de 20223/2024 a 4.017 kg ha<sup>-1</sup>. O desempenho das linhagens avaliadas mostra a possibilidade de progresso genético e lançamentos regionalizados no futuro.

**Termos para indexação:** *Glycine max* (L.) Merrill, Integração Lavoura Pecuária, El Niño, La Niña.

## **Soybean genotypes yield in direct seeding on winter pasture in Crop-Livestock System in three harvests in Bagé-RS**

**Abstract** – Thirty-one soybean genotypes were evaluated, including RR lines from Embrapa's breeding program (cultivars RR, IPRO, Enlist®, and Xtend®), with different degrees of relative maturity, between 2022 and 2025. The plots were implemented by direct seeding between November 29 and December 7, in C-L System, after desiccation of the residual biomass of the winter pasture. During the evaluation period, both water deficit and excess water stress was observed. Soybean genotypes performed well in C-L systems, with average yields ranging from 2,300 kg ha<sup>-1</sup> in the 2022/2024 to 4,017 kg ha<sup>-1</sup>. The lines performance indicates potential for genetic progress and regionalized releases in the future.

**Index terms:** *Glycine max* (L.) Merrill, ILP, El Niño, La Niña.

## **Introdução**

O cultivo da soja no Rio Grande do Sul tem se expandido para a Região da Campanha, onde a elevada proporção de anos com déficit hídrico, nove a cada vinte safras (Oliveira et al., 2020), reduz a produtividade das culturas de verão (Matzenauer et al., 2002; Bergamaschi et al., 2004). Essa característica eleva os riscos da produção, tornando os empreendimentos baseados exclusivamente na lavoura de soja, os de maior risco, quando comparados a outros que se baseiam em atividade pecuária, historicamente utilizada na região (Collares et al., 2020). Não obstante, os sistemas que integram o cultivo de soja com a atividade pecuária, podem potencializar seus resultados econômicos, sobretudo utilizando práticas de agropecuária de precisão e manejo por zonas de produtividade (Perez & Neves, 2021). Além das boas práticas de manejo, o conhecimento e o uso de cultivares adaptadas ao ambiente local, com elevado potencial e/ou estabilidade produtiva, são de extrema importância para o sucesso dos produtores, que podem optar por estratégias distintas conforme a previsão climática (Perez & Neves, 2021). Considerando a elevada oferta de cultivares para o cultivo na região e a predominância do cultivo em sucessão a pastagens de inverno, a Embrapa e a Associação de Produtores da Região da Campanha – Agricampanha, tem realizado ensaios para comparar o desempenho de cultivares mais utilizadas por seus associados, bem como selecionar novos materiais do programa de melhoramento da Embrapa. Nesse sentido, o presente trabalho avalia a produtividade de genótipos de soja nas condições de campo (sem irrigação) em sistema ILP, na região da campanha do RS durante as safras 2022/2023, 2023/2024 e 2024/2025 no município de Bagé, RS.

## **Material e métodos**

Os experimentos foram conduzidos na área experimental da Embrapa Pecuária Sul no município de Bagé nas safras 2022/2023, 2023/2024 e 2024/2025, de modo a simular as condições comerciais de manejo de sistemas ILP na Região da Campanha. A área foi manejada durante o inverno como pastagem, utilizado o pastejo contínuo com novilhas de sobreano, em carga variável, e altura média do pasto de 20 cm, durante os três anos de avaliação. A implantação das parcelas de soja foi realizada num Planossolo Háplico Eutrófico Típico, A moderado, textura

média, por meio de semeadura direta, após a saída dos bovinos em pastejo e a dessecação do pasto remanescente. Tanto a soja como o pasto de inverno receberam adubação conforme a recomendação da CQFS (2004). As datas de semeadura variaram conforme a safra: 07/12/2022, 28/12/2023 e 20/12/2024. O delineamento foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas de quatro linhas de 10 metros, espaçadas de 0,50 metros. Colheu-se 9 m<sup>2</sup>, sendo desprezadas as duas linhas externas e 0,50 metros das extremidades de cada linha central. Foram avaliados trinta e um genótipos de soja (Tabela 1), sendo seis provenientes do programa de melhoramento genético de soja da EMBRAPA e vinte e cinco cultivares comerciais de diferentes grupos de maturidade relativa (GMR) e distintos eventos para tolerância a herbicidas e controle de pragas, avaliando-se o rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>, corrigido para 13% umidade) dentro de cada safra. Todos os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade (Canteri et al., 2001).

**Tabela 1.** Lista dos genótipos de soja avaliados. Bagé, RS, 2025.

GMR	Cultivar	GMR	Cultivar	GMR	Cultivar
5.5	C2550 E	6.1	Lótus IPRO	6.7	BMX Valente RR
5.7	95R70 CE	6.1	M6100 XTD	7.7	97Y70 CE
5.7	Cromo TF IPRO	6.1	M6130 I2X	8.3	98R30 CE
5.7	M5737 XTD	6.1	NEO 610 IPRO		
5.8	BRS 5804 RR	6.2	BRS 6203 RR		Linhagem
5.8	M5710 I2X	6.3	BMX Fibrá IPRO	6.2	PELBR17-122 RR
5.9	95Y95 IPRO	6.3	BMX Raça E	6.5	PELBR17-41 RR
5.9	M5939 I2X	6.3	TMG Manacá XTD	6.5	PELBR19-23 RR
6.0	HO Cascavel I2X	6.4	DM 64I63 RSF IPRO	6.7	PELBR10-6049 RR
6.0	NEO 600 I2X	6.4	HO Pirapó IPRO	6.7	PELBR17-156 RR
6.1	BRS 6105 RR	6.6	BMX Ponta IPRO	6.7	PELBR17-46 RR

GRM: grupo de maturidade relativa.

## Resultados e discussão

Durante os três anos de avaliação, nem todos os genótipos foram testados, à exceção da linhagem PELBR 17-122 RR. Portanto, a análise estatística, referente ao rendimento de grãos (Tabela 2), foi realizada por safra. A primeira safra avaliada, 2022/2023, foi caracterizada por estiagem generalizada no Rio Grande do Sul. Entretanto, apesar das perdas significativas de produção de soja na região, a produtividade média do ensaio na safra 2022/2023 foi a maior do período, com 4.017 kg ha<sup>-1</sup>. Destaca-se o desempenho

de todos os genótipos avaliados nessa safra, quando comparado à produtividade média obtida na região nesse período, de  $1.556 \text{ kg ha}^{-1}$ , com quebra de 39% em relação à estimativa inicial (EMATER RS, 2024). Além disso, todos os genótipos superaram a estimativa inicial da produtividade da safra antes da quebra, estimada em  $2.546 \text{ kg ha}^{-1}$ . (EMATER RS, 2024). A comparação da produtividade dos genótipos evidenciou dois grupos produtivos. O grupo mais produtivo, produziu em média  $4.390 \text{ kg ha}^{-1}$ , tendo quatro linhagens RR e duas cultivares IPRO, com GMR variando de 6.1 a 6.7. Enquanto o segundo grupo, com produtividade média de  $3.645 \text{ kg ha}^{-1}$  foi composto por duas linhagens RR, duas cultivares RR - recentemente avaliadas e consideradas adaptadas ao sistema ILP na campanha - e uma cultivar IPRO. O GMR do grupo variou de 5.7 a 6.5, um pouco mais precoce do que o grupo mais produtivo.

A safra 2023/2024, apresentou excesso hídrico no início e no final do ciclo de cultivo e trouxe problemas de emergência na fase de estabelecimento, com necessidade de nova semeadura do ensaio, assim como prejuízos pelo atraso na colheita. Dessa forma, a produtividade média geral do ensaio foi a menor registrada no período de avaliação, com  $2.300 \text{ kg ha}^{-1}$ . Dos 16 genótipos avaliados, sete foram agrupados como os mais produtivos,  $2.489 \text{ kg ha}^{-1}$  e GMR variando 5.7 a 7.7, sendo duas linhagens RR, uma cultivar RR, duas cultivares IPRO, uma Enlist® e uma Xtend®. O segundo grupo mais produtivo teve média de  $2.226 \text{ kg ha}^{-1}$  e GMR entre 5.7 e 8.3, evidenciando uma grande amplitude de grupos de maturidade num mesmo grupo de produtividade, composto por uma linhagem RR, duas cultivares IPRO, duas Enlist® e uma Xtend®. O terceiro grupo, menos produtivo, com produtividade média de  $2.049 \text{ kg ha}^{-1}$  foi composto por uma linhagem RR, GMR 6.7 e uma cultivar Xtend® GMR 6.1.

Considerando a última safra avaliada, 2024/2025, caracterizada por período de estiagem durante a fase de florescimento e enchimento de grãos, a média da produtividade ficou em  $2.571 \text{ kg ha}^{-1}$ , superior à produtividade média na região de Bagé, onde predominaram rendimentos oscilando entre  $1.800$  e  $2.000 \text{ kg ha}^{-1}$ , e acima da previsão de rendimento no início do plantio, de  $2.480 \text{ kg ha}^{-1}$  (EMATER RS, 2025). Dos 17 genótipos avaliados, 12 foram classificados no grupo mais produtivo com média de  $2.845 \text{ kg ha}^{-1}$ , GMR entre 5.7 e 7.7, sendo

uma linhagem RR, duas cultivares RR, três cultivares IPRO, uma Enlist® e cinco Xtend®. O Segundo grupo mais produtivo apresentou produtividade de 2.025 kg ha<sup>-1</sup>, GMR entre 5.5 e 6.3, sendo duas Enlist® e duas Xtend®. O terceiro grupo produtivo teve apenas uma cultivar RR, GMR 5.8, e 1.461 kg ha<sup>-1</sup> de produtividade.

Considerando as três safras avaliadas, a linhagem RR do programa de melhoramento apresentou produtividade média de 3.048 kg ha<sup>-1</sup>, tendo se posicionado nas duas últimas safras, com maior restrição à produtividade, nos grupos mais produtivos e, na primeira safra, no segundo grupo. Considerando a produtividade média das três safras, esse genótipo teve um desempenho próximo da média geral, 2.963 kg ha<sup>-1</sup>, e das médias dos grupos mais produtivos, 3.241 kg ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 2.** Rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>), dos genótipos de soja avaliados nas safras 2022/2023, 2023/2024 e 2024/2025. Bagé, RS, 2025.

GMR*	Genótipo	Safr					
		2022/2023 **	S-K	2023/2024	S-K	2024/2025	S-K
6.1	Lótus IPRO	4.705	a***				
6.7	PELBR17-46 RR	4.605	a	2.061	c		
6.4	DM 64I63 RSF IPRO	4.274	a				
6.7	PELBR17-156 RR	4.238	a	1.920	c		
6.5	PELBR17-41 RR	4.126	a	2.348	a		
6.2	PELBR17-122 RR	3.980	b	2.427	a	2.738	a
6.2	BRS 6203 RR	3.801	b			2.662	a
5.7	Cromo TF IPRO	3.639	b				
6.1	BRS 6105 RR	3.616	b			2.810	a
6.5	PELBR19-23 RR	3.190	b				
5.9	95Y95 IPRO			2.561	a	2.924	a
5.7	M5737 XTD			2.554	a	2.458	a
6.3	BMX Fibra IPRO			2.547	a	2.810	a
7.7	97Y70 CE			2.542	a	2.941	a
6.7	BMX Valente RR			2.447	a		
6.7	PELBR10-6049 RR			2.290	b		
8.3	98R30 CE			2.264	b		
6.1	NEO 610 IPRO			2.231	b		
5.7	95R70 CE			2.227	b		
5.8	M5710 I2X			2.201	b	2.740	a
6.6	BMX Ponta IPRO			2.144	b		
6.1	M6100 XTD			2.038	c		
6.4	HO Pirapó IPRO					3.130	a
6.3	TMG Manacá XTD					3.070	a
5.9	M5939 I2X					2.948	a
6.0	NEO 600 I2X					2.920	a
5.5	C2550 E					2.246	b
6.0	HO Cascavel I2X					2.101	b
6.3	BMX Raça E					1.926	b
6.1	M6130 I2X					1.828	b
5.8	BRS 5804 RR					1.461	c
C.V.%		7,69		10,02		11,2	

\*GMR = grupo de maturidade relativa. \*\*Data semeadura: 2022 = 07/12/2022; 2023 = 28/12/2023; e 2024 = 20/12/2024. \*\*\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%. C. V. = coeficiente de variação.

## Conclusões

1. De maneira geral os genótipos de soja apresentaram desempenho adequado em sistemas ILP, quando a altura média do pasto foi mantida em 20 cm, apresentando produtividade geral média, acima da produtividade média dos estabelecimentos comerciais da região, nos três anos avaliados.
2. Não pareceu haver influência dos GMR avaliados nem dos eventos de tolerância a herbicidas ou de controle de pragas, sobre a produtividade, quando realizados os tratamentos fitossanitários necessários.
3. O excesso de umidade na safra 2022/2023 acarretou na maior redução do potencial produtivo, comparando os três anos de avaliação.
4. O desempenho das linhagens avaliadas mostra o potencial de alguns genótipos para lançamento comercial.

## Agradecimentos

Trabalho realizado com apoio financeiro do Projeto 0154 FAPEG-Agricampanha e com concessão de bolsas do PIBIC/CNPq.

## Referências

- ARSEGO, D. A.; FERRAZ, S. E. T.; STRECK, N. A.; CARDOSO, A. DE O.; ZANON, A. J. Study of the impact of different indices associated with El Niño southern oscillation on soybean yield in Rio Grande do Sul. **Ciência E Natura**, v. 40, p. 82–87, 2018. <https://doi.org/10.5902/2179460X30684>
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; et al. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p. 831–839, 2004.
- 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 Scoft - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v.1, n. 2, p.18-24, 2001.
- COLLARES, B. B.; FONTOURA Júnior, J. A. S.; RIBEIRO, C. M.; NABINGER, C.; LAMPERT, V. D. N. Análise comparativa do lucro e risco de sistemas agropecuários na campanha gaúcha/ Comparative analysis of profit and risk for cattle ranching and soybean crop systems on the campanha gaúcha region, on southern brazil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 90981-90997, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdvn11-489>
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n. 10 décimo

levantamento, julho 2023. Acessado em 08 ago. 2023. Online. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>

CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Manual de recomendação de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10<sup>a</sup> ed. Porto Alegre, SBCS/NRS, 2004. 400 p.

EMATER RS. Informativo Conjuntural nº 1761 – 4 maio 2023, Emater/RS-Ascar. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2025. Acessado em 23 julho 2025. Online. Disponível em: [https://www.emater.tche.br/site/arquivos\\_pdf/conjuntural/conj\\_04052023.pdf](https://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/conjuntural/conj_04052023.pdf)

EMATER RS. Informativo Conjuntural nº 1867 – 15 mai. 2025, Emater/RS-Ascar. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2025. Acessado em 23 julho 2025. Online. Disponível em: [https://www.emater.tche.br/site/arquivos\\_pdf/conjuntural/conj\\_15052025.pdf](https://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/conjuntural/conj_15052025.pdf)

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; et al. Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Fepagro Porto Alegre, 2002. (Boletim FEPAGRO, 10). Disponível em: <[https://issuu.com/fepagro/docs/boletim\\_10](https://issuu.com/fepagro/docs/boletim_10)>.

OLIVEIRA, Z. B.; KNIES, A. E.; BOTTEGA, E. L.; et al. Estimativa da demanda hídrica da soja utilizando modelo de balanço hídrico do solo e dados da previsão do tempo. **IRRIGA**, v. 25, n. 3, p. 492–507, 2020.

PEREZ, N. B.; NEVES, M. C. Precision farm to improve crop-livestock systems in southern Brazil. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FORESTRY SYSTEMS: 100% DIGITAL, 2., 2021. WCCLF 2021 **proceedings**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, p. 799-803. 2021. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1169948>

## **Co-inoculação, cobalto e molibdênio beneficiam a qualidade de sementes de soja**

Jessica Deolinda Leivas Stecca<sup>(1)</sup>, Evandro Ademir Deak<sup>(1)</sup>, Lucas Nascimento Brum<sup>(1)</sup>, Glauber Monçon Fipke<sup>(3)</sup>, Ubirajara Russi Nunes<sup>(2)</sup> e Thomas Newton Martin<sup>(2\*)</sup>

<sup>(1)</sup> Discente de pós-graduação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul. <sup>(2)</sup> Docente, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul. <sup>(3)</sup> Docente, Universidade Federal do Pampa, Itaquí, Rio Grande do Sul. (\*) martin.ufsm@gmail.com

**Resumo** - A qualidade fisiológica de sementes é fundamental para obtenção de um estande de plântulas uniforme e com maior capacidade de mitigar as adversidades no estabelecimento das plantas. Objetivou-se avaliar o modo de aplicação do cobalto (Co) e molibdênio (Mo), juntamente com a co-inoculação e o osmoprotetor na qualidade de sementes de soja da próxima geração. A cultivar foi a NS 5959 IPRO providas de experimento de campo, as quais haviam sido submetidos a utilização ou não de osmoprotetor e aplicação de Co e Mo nas sementes, foliar (V3) ou sem sua aplicação + testemunha, constituindo um bifatorial (2x3 +1). Avaliou-se a germinação, primeira contagem, massa seca de plântula, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. A co-inoculação anual mantém a qualidade fisiológica de sementes. O Co e Mo aplicados no tratamento de sementes, na ausência de osmoprotetor assegura a qualidade fisiológica de sementes co-inoculadas.

**Termos para indexação:** fixação biológica de nitrogênio, bactérias promotoras do crescimento de plantas, micronutrientes, polímeros, aditivo celular.

## **Co-inoculation, cobalt and molybdenum benefit the quality of soybean seeds**

**Abstract** - The physiological quality of seeds is fundamental for obtaining a uniform seedling stand and with a greater capacity to mitigate adversities in the establishment of the plant. The objective was to evaluate the method of application of cobalt (Co) and molybdenum (Mo), together with co-inoculation and osmoprotector the quality of next generation soybean seeds. Seeds and leaves of cultivar NS 5959 IPRO were used, coming from a field experiment, which had been submitted to the use or not of osmoprotector and application of Co and Mo in the seeds, leaf (V3) or without its application + control, constituting a bifactorial (2 x 3 +1). The seeds were evaluated germination, first count, seedling dry mass, accelerated aging and electrical conductivity. Annual co-inoculation maintains the physiological quality of seeds. The Co and Mo applied in the seed treatment, in the absence of osmoprotector, ensure the physiological quality of co-inoculated seeds.

**Index terms:** biological nitrogen fixation, plant growth-promoting bacteria, micronutrients, polymers, cell additive.



## Introdução

A qualidade das sementes está relacionada às condições que a planta genitora foi exposta, como umidade, temperatura, disponibilidade de nutrientes e diferentes capacidades das cultivares para absorver, translocar e acumular nutrientes. Condições que contribuem na formação do embrião da semente, na quantidade de reservas atuando no acúmulo de carboidratos, proteínas, lipídeos e constituição das membranas, podendo originar sementes mal formadas e com diferentes composições.

A formação de proteínas depende da disponibilidade de nitrogênio (N) para a planta. Na soja é obtido, principalmente, por bactérias *Bradyrhizobium* pela fixação biológica de nitrogênio (FBN). Destacam-se, também, as *Azospirillum*, que são bactérias associativas que realizam FBN, produzem fitohormônios, solubilizam fosfato e induzem a resistência a doenças e a estresses ambientais.

A deficiência de nutrientes pode prejudicar a FBN, dentre eles o molibdênio (Mo) e o cobalto (Co), pois auxiliam na assimilação de N, melhorando a formação de proteínas e enzimas, e conseqüentemente as reações bioquímicas na planta. Todavia, a aplicação de Co e Mo no tratamento de sementes, pode afetar a sobrevivência das bactérias inoculadas devido as formulações salinas, pH, ação bactericida e concentração. Alternativamente tem-se a aplicação de osmoprotetores, que são constituídos de substratos nutritivos, substâncias sinalizadoras, polímeros e protetores celulares permitindo maior sobrevivência das bactérias.

Objetivou-se avaliar o modo de aplicação do Co e Mo, juntamente com a co-inoculação e o osmoprotetor, e seus efeitos sobre a qualidade de sementes de soja da próxima geração.

## Material e métodos

Os trabalhos foram conduzidos no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), para avaliação da qualidade fisiológica das sementes provenientes do experimento de campo.

O experimento de campo localizava-se na latitude 29°43'2.81" S e longitude 53°43'58.28" O, com uma altitude de 116 metros. O clima local é

classificado do tipo Cfa segundo Köppen. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (Embrapa, 2013), apresentando na análise química do solo (camada de 0-10 cm): pH (água, 1:1) = 5,7; matéria orgânica (% m/v) = 2,0; argila (% m/v) = 21; fósforo, P-Mehlich (mg dm<sup>-3</sup>) = 35,9; potássio (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) = 0,153; H + Al (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) = 3,9; CTC (pH 7, cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) = 11,8; saturação de bases (%) = 67,0. A cultura foi semeada sobre resteva de trigo. A caracterização de populações de estirpes de *Bradyrhizobium sp.* e *Azospirillum sp.* por grama de solo (UFC g<sup>-1</sup> solo) encontra-se na tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização de populações de estirpes de *Bradyrhizobium sp.* e *Azospirillum sp.* por grama de solo (UFC g<sup>-1</sup> solo) na área de condução do experimento campo em 2018 e caracterização das sementes após a colheita: umidade (U, %), massa de mil grãos (MMG, g), teor de proteína bruta (PB, %) e óleo (ÓLEO, %) das sementes provenientes dos tratamentos de campo em função da aplicação de osmoprotetor e aplicação de Co e Mo.

Tratamentos	U <sup>1</sup>	MMG	PB	ÓLEO	<i>Bradyrhizobium</i>	<i>Azospirillum</i>
Testemunha	9,67	181	31,35	20,42	3.2x10 <sup>6</sup>	9.5x10 <sup>2</sup>
Co-inoculação	9,47	190	32,98	19,64	3.4x10 <sup>6</sup>	2.5x10 <sup>4</sup>
Co-inoculação+CoMo TS	9,57	195	32,96	20,33	3.8x10 <sup>6</sup>	9.5x10 <sup>3</sup>
Co-inoculação+CoMo V3	9,50	190	32,13	20,20	3.1x10 <sup>6</sup>	9.5x10 <sup>2</sup>
Osmoprotetor+Co-inoculação	9,50	191	33,24	19,76	2.6x10 <sup>6</sup>	9.5x10 <sup>2</sup>
Osmoprotetor+Co-inoculação+CoMo TS	9,70	192	32,22	20,76	3.5x10 <sup>6</sup>	2.0x10 <sup>3</sup>
Osmoprotetor +Co-inoculação+CoMo V3	9,47	190	32,27	20,18	2.7x10 <sup>6</sup>	2.5x10 <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Umidade realizada anteriormente ao armazenamento. Os valores de MMG, PB e ÓLEO estão corrigidos para a umidade de 13%.

Foi utilizada a cultivar de soja NS 5959 IPRO (NIDERA SEMENTES LTDA, Registro nº 29472). Os tratamentos foram: T1: somente tratamento de semente (Testemunha); T2: somente co-inoculado; T3: co-inoculado + Co e Mo no TS; T4: co-inoculado + Co e Mo em V3; T5: co-inoculado + osmoprotetor; T6: co-inoculado + Co e Mo e osmoprotetor no TS; T7: co-inoculado + osmoprotetor no TS e Co e Mo em V3.

O tratamento químico das sementes foi Standak<sup>®</sup> Top (2 mL kg<sup>-1</sup> de sementes). O recobrimento das sementes foi de 20 mL ha<sup>-1</sup> de Mo e 2 mL ha<sup>-1</sup> de Co e quando via foliar (V3) o dobro das doses. Aplicou-se o osmoprotetor (água, metabólicos ativos de bactérias, complexo de açúcares e biopolímeros) (1 mL kg<sup>-1</sup> de sementes). A co-inoculação foi com *Bradyrhizobium japonicum* (7

x  $10^9$  UFC mL<sup>-1</sup> de bactérias) (2 mL kg<sup>-1</sup> de sementes) e *Azospirillum brasilense* (2 x  $10^8$  UFC mL<sup>-1</sup> de bactérias) (2,0 mL kg<sup>-1</sup> de sementes).

A colheita das sementes foi no estágio fenológico R8, conforme a escala fenológica de Fehr e Caviness (1977). As características dos lotes de sementes estão apresentadas na Tabela 1. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições.

As avaliações foram germinação de sementes (GE) e vigor de sementes (VG) (Brasil, 2009), comprimento de raiz (CR) e parte aérea (CPA), massa seca de planta (MS) (Nakagawa, 1999), envelhecimento acelerado (EA) (Marcos Filho; Novembre; Chamma, 2001) e condutividade elétrica (CE) (Loeffler; Tekrony; Egli, 1988).

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F). As médias à procedimentos complementares de acordo com a resposta da interação e desdobrou-se em contrastes os graus de liberdade *versus* a testemunha e as interações significativas foram submetidas ao teste de Scott-Knott e teste de Scheffé em nível de 5% de probabilidade de erro no software estatístico Genes®.

## Resultados e discussão

Os tratamentos co-inoculados apresentaram características que indicam uma maior qualidade das sementes. Houve diferença significativa entre fatorial (tratamentos co-inoculados) e testemunha (não co-inoculada) para CPA, CR, EA, CE, VG e GE, sendo essas superiores em 13,8%, 15,2%, 23,4%, 20,6%, 22,2%, 9,8% (Tabela 2). A co-inoculação (*Bradyrhizobium* + *Azospirillum*) permite melhor nutrição da planta durante seu crescimento e desenvolvimento pela maior translocação de reservas para a semente. N proveniente da atividade das duas bactérias (Fukami et al., 2016), fósforo pela solubilização de fosfato e outros pela capacidade de *Azospirillum* de produzir fitohormônios que estimulam o crescimento das raízes das plantas, aumentando o volume de solo explorado e melhorando a absorção de nutrientes e água pelas plantas, beneficiando o conteúdo das sementes.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância representada pelos quadrados médios das variáveis explicativas comprimento de parte aérea (CPA, cm), comprimento de raiz (CR, cm), massa seca de plântula (MS, mg), envelhecimento acelerado (EA, %), condutividade elétrica (CE,  $M^{-1} cm^{-1} g^{-1}$ ), vigor (VG, %) e germinação (GE, %)

FV	GL	CPA	CR	MS	EA	CE	VG	GE
Tratamentos	6	0,66*	6,47*	532,22*	231,23*	158,75*	227,32*	59,98*
Fatorial	5	0,61*	7,10*	635,57*	42,80	113,25*	45,44	10,64
Contraste	1	0,95*	3,29*	15,48	1173,43*	386,23*	1136,72*	306,72*
Erro	21	0,16	0,21	194,02	21,19	8,50	21,45	10,03
Média Testemunha		3,23	5,44	199,75	60,50	51,27	63,00	83,00
CoMo (D)	2	0,29	8,33	101,37	2,26	15,94	42,04	14,04
Osmoprotetor (C)	1	0,49	0,01	1457,04	2,20	2,36	18,37	9,37
DxC	2	0,97*	9,42*	759,04*	1,15	266,01*	62,37	7,87
Média		3,75	6,42	197,63	79,00	40,66	81,00	92,00
CV (%)		10,63	7,21	7,05	5,83	7,17	5,72	3,44

\*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. Fonte de variação (FV); Grau de liberdade (GL); Coeficiente de variação (CV%).

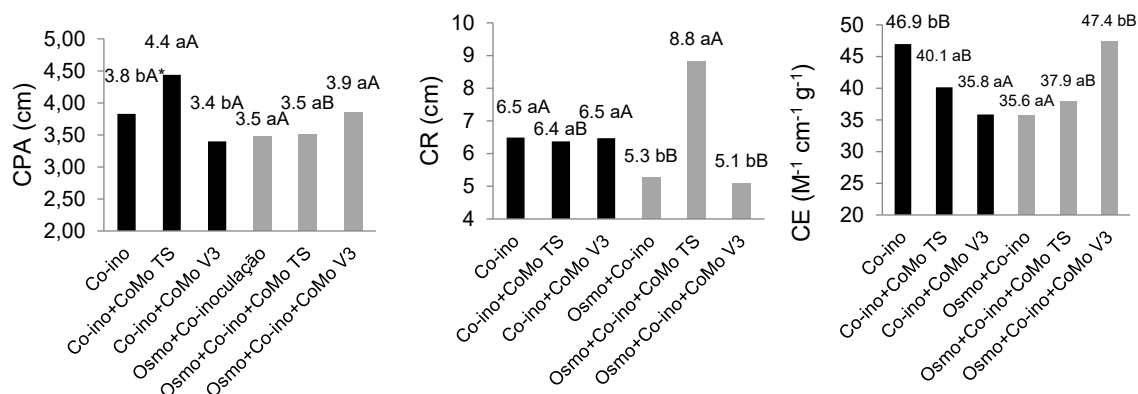
O maior acúmulo de reservas permite disponibilidade de N para síntese de proteínas, ácidos nucleicos e aminoácidos e em consequência alterações no crescimento e desenvolvimento de raízes e parte aérea da plântula (Narasimhan et al., 2013), como verificado para CR e CPA que foram maiores (Tabela 2). O que proporciona vantagens quanto ao estabelecimento rápido e uniforme das plântulas, devido ao maior VG, CPA e CR que indicam plântulas mais vigorosas (Nakagawa, 1999). Resultados também confirmados pelo maior valor de CE das sementes não co-inoculadas (Tabela 2). As sementes não co-inoculadas apresentaram maior liberação de lixiviados por consequência da estruturação e seletividade das membranas (Vieira et al., 2002). A baixa disponibilidade de proteínas e enzimas que realizam a reorganização e formação das estruturas das membranas celulares pode não ter sido suficiente para que essa retornasse a configuração estável durante a embebição.

Quanto à absorção de N nas plantas, essa pode ser realizada pelas duas bactérias e influencia diretamente na concentração de proteínas e óleo na semente de soja. Esse fato pode ter ocorrido mesmo com a testemunha, pois a área onde foi realizado o experimento já possuía histórico de cultivo com a cultura e utilização da co-inoculação, indicando a presença das bactérias no solo (Tabela 1).

Todavia, quando se realiza a inoculação anual, a eficiência em FBN é maior do que as autóctones no solo, pois não passam por condições

estressantes. Destacando-se a importância da re-inoculação anual, pois onde o processo foi realizado, as sementes apresentaram maior VG e GE (Tabela 2).

Quanto ao fatorial (tratamentos co-inoculados) que apresentou significância (Tabela 2), na variável CPA foi maior nas plântulas que haviam recebido a aplicação de Co e Mo no tratamento de sementes e sem adição do osmoprotetor. Já para a CE houve sua redução pela aplicação de Co e Mo em relação a semente com co-inoculação. Portanto obtendo-se maior qualidade dessas sementes pela aplicação desses micronutrientes (Figura 1). O Mo e Co estão diretamente ligados a FBN e consequentemente melhoram a assimilação e translocação de reservas para as sementes, principalmente de proteínas.



\*Médias não seguidas da mesma letra, maiúsculas barra preta x cinza e minúsculas dentro das barras de mesma coloração, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

**Figura 1.** Comprimento de parte aérea (CPA, cm), comprimento de raiz (CR, cm) e condutividade elétrica (CE, M<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>) pela aplicação de osmoprotetor e aplicação de Co e Mo na cultivar NS 5959 IPRO.

Quanto ao osmoprotetor juntamente com Co e Mo no TS, observa-se um menor CPA (Figura 1). Essa redução pode ter ocorrido pela disponibilidade de nutrientes nessas sementes devido ao menor número e eficiência das bactérias presentes nas plantas. A incompatibilidade dos produtos utilizados no TS e bactérias inoculadas é comumente relatada, pois esses podem ser tóxicos por apresentarem concentração salina e pH não compatíveis a sobrevivência dessas (Silva et al., 2018).

Em relação a aplicação dos micronutrientes Co e Mo juntamente ao TS proporcionou manutenção da qualidade fisiológica das sementes, inferindo que

não houve incompatibilidade entre bactérias e o TS. Esse fato é importante, pois a realização desses manejos é preconizada nas sementes pelos produtores.

## Conclusões

1. A co-inoculação anual de soja mantém a qualidade fisiológica de sementes da próxima geração de sementes.

2. A aplicação de cobalto e molibdênio no tratamento de sementes na ausência de osmoprotetor promove aumento da CPA e redução da CE em relação a utilização somente de co-inoculação.

3. A aplicação de Co e Mo via tratamento de sementes na co-inoculação melhora o desempenho de plantas e obtenção de sementes de qualidade.

## Referências

BRASIL. Regras para análise de sementes. In: **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, MAPA/ACS. 2009. 395p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353p.

FUKAMI, J. et al. Assessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. **AMB Express**, v.6, n.1, p.4-13, 2016.

LOEFFLER, L. M.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, v.12, n.1, p.37-53, 1988.

MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A. D. C.; CHAMMA, H. M. C. P. Testes de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada para avaliação do vigor de sementes de soja. **Scientia Agricola**, v.58, n.2, p.421-426, 2001.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999.

NARASIMHAN, R. et al. Differential changes in galactolipid and phospholipid species in soybean leaves and roots under nitrogen deficiency and after nodulation. **Phytochemistry**, v.96, p.81-91, 2013.

SILVA, K. et al. Agronomic efficiency of *Bradyrhizobium* pre-inoculation in association with chemical treatment of soybean seeds. **African Journal of Agricultural Research**, v.13, n.14, p.726-732, 2018.

VIEIRA, R. D. et al. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 9, p. 1333-1338, 2002.

## 6. Ata e Artigos da Comissão de Difusão de Tecnologia e Socioeconomia

A Comissão de Difusão de Tecnologia e Socioeconomia, coordenada pela extencionista da Emater/RS Jana Graciela Hanauer e relatada por Osmar Conte (Embrapa Trigo), reuniram-se nos dias 13 e 14 de agosto de 2025, nas dependências da Faculdade de Direito da UPF em Passo Fundo, RS, contando com a presença dos seguintes participantes:

### 6.1 Participantes

#### 6.1.1 Representantes credenciados

Número	Nome	Instituição
1	Joana Graciela Hanauer	Emater/RS

#### 6.1.2 Demais participantes

Número	Nome	Instituição
1	Alcino Alves da Costa	UFSM
2	Ana Claudia Barneche de Oliveira	Embrapa Clima Temperado
3	Ana Paula Branbrilla Cioato	
4	Bruno Dal Molin Teles	
5	Carolina Cardoso Deuner	UPF
6	Cesar Bauer Gomes	Embrapa Clima Temperado
7	Cindy Correa Chaves	Atitus
8	Cislaine Sartori Suzana Milan	UPF
9	Fernando Cirolini	Cotrijal
10	Fernando Machado dos Santos	IFRS
11	Francini Vogel	
12	Gabrieli Enge Zamboni	UFFS
13	Glauber Renato Stürmer	CCGLTec
14	Gleison Sergio Catto	Cacil Sementes
15	Gilmar Berlanda	Embrapa Trigo
16	Jaqueline Marcondes Groth	
17	Joana Graciela Hanauer	Emater/RS
18	Jonas André Arnemann	UFSM
19	José Salvador Simoneti Foloni	Embrapa Trigo
20	Julia Renata Schneider	Univates/UPF
21	Kassiana Kehl	Fundação Pró-Sementes
22	Leandro Vargas	Embrapa Trigo
23	Leila Mara Costamilan	Embrapa Trigo
24	Lucas Haiduki	Fundação ABC
25	Maria Tereza Bolzon Soster	IFRS
26	Marines Pereira	UFFS
27	Nadia Canali Langaro	UPF
28	Naylor Bastiani Perez	Embrapa Pecuária Sul
29	Osmar Conte	Embrapa Trigo

30	Rafael Negretti	IFRS
31	Salathiel Antunes Teixeira	Fundação ABC
32	Silvia Maria Zanella Roveda	
33	Tailana Iager	UFFS
34	Vladirene Macedo Vieira	Embrapa Trigo
35	Weslei Bulling Mendes	IFRS
36	Wesley Borges Wurlitzer	Univates

## 6.2 Trabalhos apresentados

Número	Título	Apresentador
35557	Estimativa de Produtividade de Soja com Dados Observacionais: Uma abordagem Exploratória	Salathiel Antunes Teixeira

Ao final da manhã do dia 14 de agosto também foi apresentada a minipalestra intitulada Sugestões para aprimoramento da Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, por Osmar Conte, representante da Embrapa Trigo.

## 6.3 Trabalho destaque

Não houve indicação de trabalho destaque. Somente um trabalho foi apresentado e sem mérito para ser destacado.

## 6.4 Atualizações das indicações técnicas

Não se aplica a essa comissão

## 6.5 Necessidades e prioridades de pesquisa

Não se aplica a essa comissão

## 6.6 Proposições apresentadas

Novas propostas: Nenhuma

## 6.7 Resumos expandidos



## Estimativa da produtividade de soja com dados observacionais: uma abordagem exploratória

Salathiel Antunes Teixeira<sup>(1\*)</sup> e Rodrigo Yoiti Tsukahara<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Pesquisador – Analista de Dados, Fundação ABC, Castro, PR. <sup>(2)</sup> Coordenador Setor de Agrometeorologia, Fundação ABC, Castro, PR. <sup>(\*)</sup> salathiel.teixera@fundacaoabc.org.

**Resumo** – A predição da produtividade agrícola representa uma informação estratégica para a cadeia agrícola, embora represente um desafio considerável devido à complexidade dos múltiplos fatores envolvidos. Neste estudo, avaliou-se o desempenho de um modelo baseado em *random forest* para estimativa da produtividade de soja. Foram utilizados dados observacionais de 16.835 talhões, distribuídos entre as safras 2020/2021 e 2024/2025, com foco em 11 variáveis explicativas relacionadas ao manejo da soja. A otimização dos hiperparâmetros indicou que 500 árvores proporcionou o melhor desempenho. Durante o treinamento, o modelo apresentou  $R^2 = 0,953$ , entretanto, sua capacidade preditiva foi reduzida quando aplicado a safra 2024/2025 ( $R^2 = 0,161$ ), evidenciando a baixa capacidade de generalização. Os resultados sugerem a necessidade de adição variáveis que representem a variabilidade temporal e espacial, visando aprimorar a robustez e acurácia do modelo preditivo.

**Termos para indexação:** modelagem computacional, predição, *random forest*.

## Estimation of soybean yield from observational data: an exploratory approach

**Abstract** – The prediction of crop yield constitutes strategic information for the agricultural supply chain, although it presents a considerable challenge due to the complexity of the multifactor involved. In this study, the performance of a random forest-based model was evaluated for estimating soybean yield. Observational data from 16,835 fields were used, covering the 2020/2021 to 2024/2025 growing seasons, with a focus on 11 explanatory variables related to soybean management. Hyperparameter tuning indicated that 500 trees yielded the best performance. During training, the model achieved an  $R^2$  of 0.953; however, its predictive capacity was significantly reduced when applied to the 2024/2025 season ( $R^2 = 0.161$ ), highlighting its limited generalization ability. The results suggest the need to incorporate variables that capture temporal and spatial variability in order to enhance the robustness and accuracy of the predictive model.

**Index terms:** computational modeling, prediction, random forest.

## Introdução

A capacidade de estimar (Mariano & Mónica, 2021; Moreira & Nuñez, 2023) a produtividade pode ser de grande importância para subsidiar decisões estratégicas de manejo, alocação eficiente de recursos, planejamento logístico da colheita e

comercialização, além de permitir a identificação de fatores limitantes que podem ser otimizados para o aumento da eficiência produtiva.

A predição da produtividade agrícola torna-se um desafio em estudos agronômicos (Sakamoto, 2020; Smidt et al., 2016), especialmente no contexto de dados reais observados a campo que compõem grande fonte de estudo, mas carregado de alta variabilidade associada aos diferentes fatores de manejo, espacial e temporal.

Diante disso o objetivo deste trabalho é verificar a capacidade preditiva de um modelo usando a técnica de florestas aleatórias (*random forest*) usando um conjunto de dados conhecido.

## Material e métodos

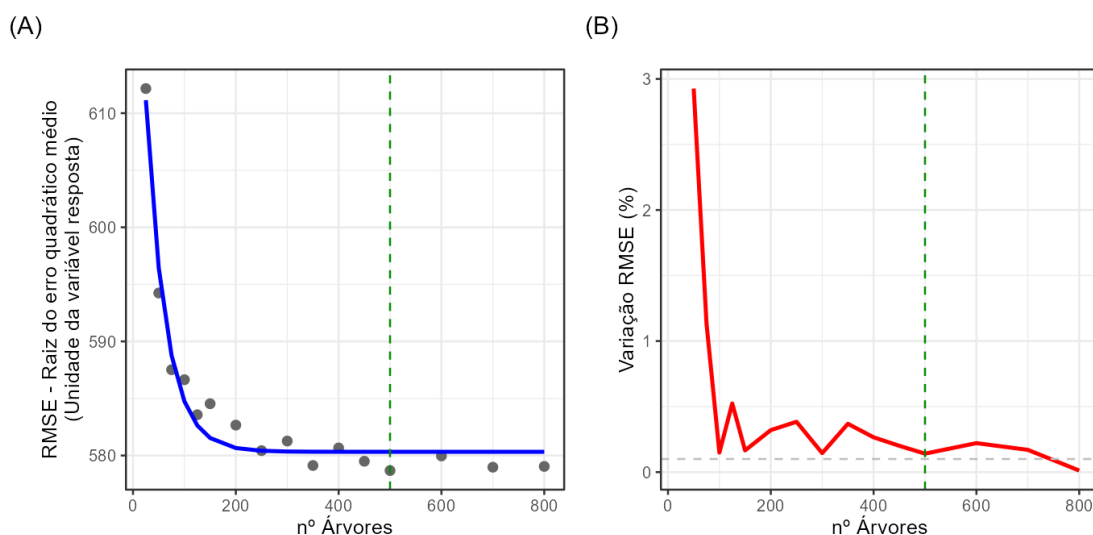
Foram utilizadas informações reais de 16.835 talhões de soja pertencentes a produtores associados as Cooperativas Capal, Frísia e Castrolanda, mantenedoras da Fundação ABC, registrados no sistema integrado de gestão e monitoramento agropecuário sigmaABC® nas últimas 5 safras (2020/2021 a 2024/2025). A extração foi realizada a partir de uma base relacional, com acesso autenticado via pacote DBI (Wickham et al., 2001) e RPostgres (Wickham et al., 2017), seguidos de pré-processamento e filtragem utilizando o pacote tidyverse (Wickham, 2016). Foram selecionados apenas os talhões com registro completo de todas as 11 variáveis avaliadas: altitude do talhão (m), classe de solo (Santos et al., 2018), município, estado (UF), longitude, latitude, cultivar, uso de semente própria (sim ou não), propósito (grãos ou semente), data de semeadura e produtividade ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). O conjunto de dados foi dividido em treinamento (11.940 talhões, entre 2020/2021 até 2023/2024) e validação (4.895 talhões safra 2024/2025).

Para ajuste de modelos de *random forest* foi usado o pacote ranger (Wright, 2015) incluindo: (i) otimização do número de árvores via análise de raiz do erro quadrático médio (RMSE), (ii) validação cruzada com múltiplos (dez) envelopes dos dados utilizados na amostra de treinamento, e (iii) estimativa de importância das variáveis. As métricas de desempenho consideradas foram o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e a raiz do erro quadrático médio (RMSE) tanto no conjunto de treinamento, quanto no conjunto de validação (Hamner & Frasco, 2012). Para a

visualização da qualidade do ajuste, foram elaborados gráficos de dispersão com o pacote ggplot2 (Wickham et al., 2007).

## Resultados e discussão

A otimização do número de árvores teve como objetivo racionalizar o custo computacional do modelo preditivo. Conforme ilustrado na Figura 1 (A), o aumento progressivo no número de árvores reduziu o RMSE até aproximadamente 400-500 árvores, indicando um ponto de equilíbrio entre desempenho e complexidade computacional.

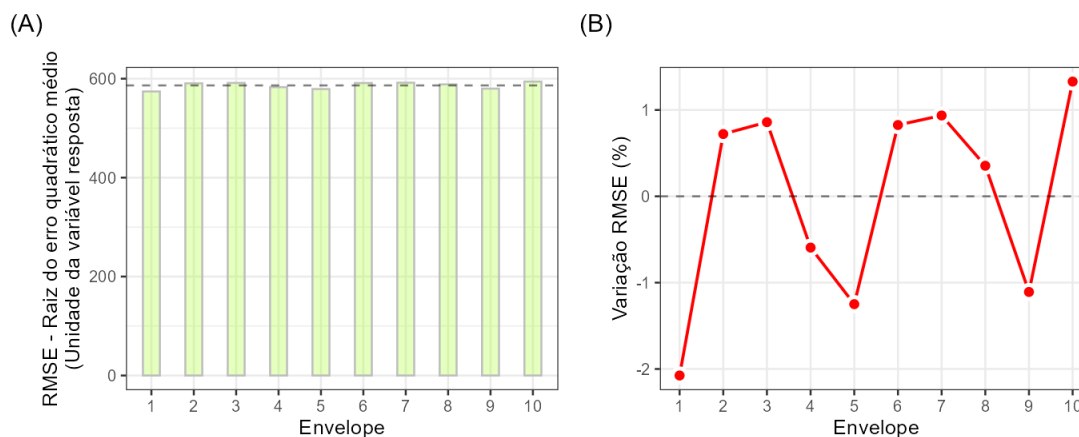


**Figura 1.** Comportamento e variação da raiz do erro quadrático médio – RMSE em função do número de árvores no modelo *random forest* (linha verde = número de árvores selecionado). (A) Evolução da RMSE conforme número de árvores (azul = curva exponencial ajustada). (B) Variação percentual do RMSE em relação ao número de árvores.

Na Figura 1 (B), observa-se que a variação percentual do RMSE entre quantidades sucessivas de árvores se reduz para menos de 0,5%, reforçando que escolha de 500 árvores representou um bom ponto de equilíbrio entre desempenho e custo computacional, assegurando estabilidade nas previsões sem sobrecarga de processamento.

Para verificar a homogeneidade interna do conjunto de treinamento, este foi particionado em 10 envelopes (subconjuntos) e submetido à validação cruzada. Em cada interação, o modelo foi treinado com 90% dos dados e testado nos 10%

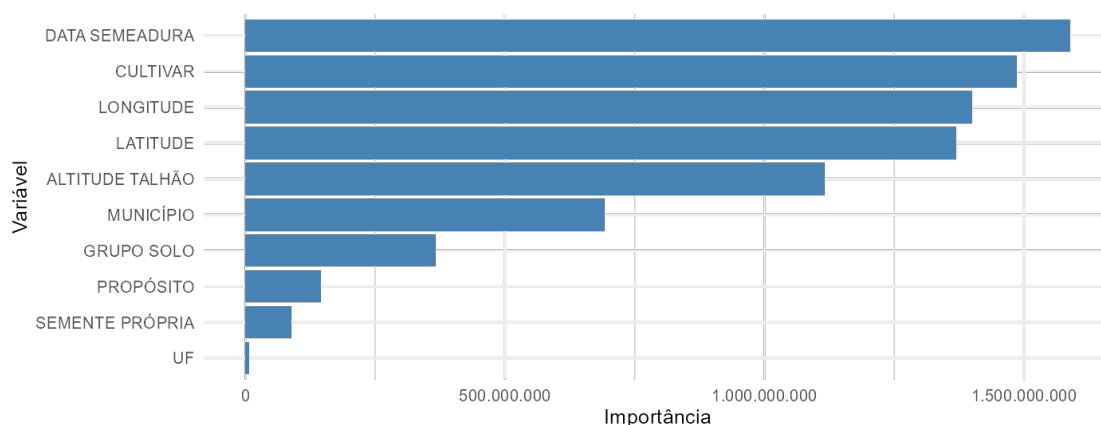
restantes. As métricas de erro obtidas em cada envelope seguem apresentadas na Figura 2.



**Figura 2.** Avaliação da estabilidade do conjunto de treinamento por validação cruzada com 10 envelopes. (A) Valores de RMSE obtidos em cada envelope, com linha tracejada indicando a média geral. (B) Variação percentual do RMSE em relação à média.

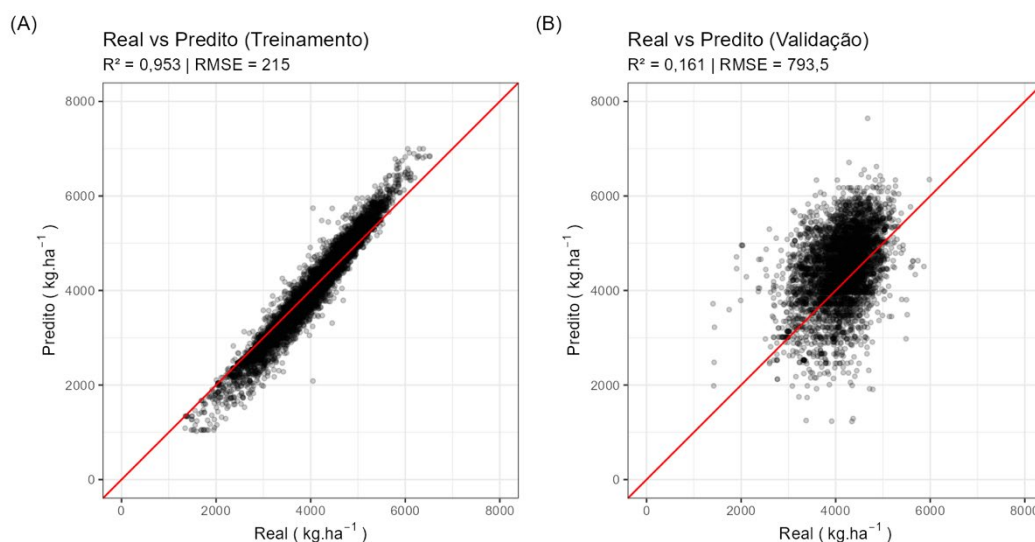
Os valores de RMSE por envelope apresentaram boa estabilidade, variando entre 574,2 e 594,2 kg·ha<sup>-1</sup> (Figura 2A). A variação percentual em relação ao RMSE médio (Figura 2B) oscilou entre -2,1% e +1,3%, indicando desempenho consistente entre partições. A ausência de flutuações expressivas sugere robustez do modelo e boa capacidade de generalização dentro do conjunto de treinamento.

Com base na consistência observada no conjunto de treinamento, foi ajustado um modelo de *random forest* utilizando a totalidade dessas observações. A importância relativa das variáveis preditoras foi avaliada por meio da métrica de redução da impureza acumulada (*impurity importance*), que corresponde à soma das reduções na variância residual ao longo das árvores da floresta (Figura 3). Nesta figura, as variáveis mais relevantes para redução da variância foram: data de semeadura, cultivar, longitude, latitude e altitude do talhão. As duas primeiras se destacam por estarem diretamente ligadas às estratégias de manejo agrícola adotadas. As 3 seguintes, características geofísicas.



**Figura 3.** Importância das variáveis preditoras no modelo de *random forest* para predição da produtividade da soja ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) na região da Fundação ABC.

O modelo final foi então aplicado para estimar a produtividade ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) tanto no conjunto de treinamento quanto no conjunto de validação (safra 2024/2025), com o objetivo de avaliar sua capacidade preditiva. A Figura 4 apresenta a comparação entre os valores estimados versus observados, permitindo a análise da qualidade do ajuste e da generalização do modelo preditivo desenvolvido.



**Figura 4.** Relação entre valores preditos e observados da produtividade ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). (A) Resultados no conjunto de treinamento ( $R^2 = 0,953$ ;  $\text{RMSE} = 215 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). (B) Resultados no conjunto de validação com dados da safra 2024/2025 ( $R^2 = 0,161$ ;  $\text{RMSE} = 793,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

A Figura 4 (A) demonstra que o modelo apresentou desempenho satisfatório no treinamento, com elevado coeficiente de determinação e baixo erro de predição

( $R^2 = 0,953$ ;  $RMSE = 215 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Por outro lado, a Figura 4 (B) revela um desempenho significativamente inferior ao aplicar o modelo à safra de 2024/2025, com  $R^2$  reduzido (0,161) e aumento expressivo do RMSE (793,5  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). A elevada dispersão observada indica limitação na capacidade de generalização do modelo, sugerindo que as variáveis utilizadas não explicam suficientemente a produtividade principalmente em cenários distintos, apontando para a necessidade de incluir novas variáveis preditores no modelo.

### Conclusões

1. A utilização de 500 árvores se mostrou suficiente para o conjunto de dados usado no treinamento.
2. As variáveis com maior contribuição para redução da variância residual foram: data de semeadura, cultivar, longitude, latitude e altitude do talhão.
3. Destaca-se data de semeadura e a escolha do cultivar de soja, por estarem diretamente ligadas às estratégias de manejo de cada agricultor.
4. As 4 safras utilizadas no treinamento não foram suficientes para generalizar o modelo preditivo, onde o foco foi o uso de variáveis de fácil aquisição e baseadas no manejo de cada agricultor.
5. O modelo apresentou desempenho preditivo limitado ao ser aplicado à safra 2024/2025 ( $R^2 = 0,161$ ;  $RMSE = 793,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).
6. A baixa capacidade de generalização observada indica que as variáveis atualmente utilizadas não explicam adequadamente a variabilidade da produtividade em novos contextos.

### Agradecimentos

Aos contribuintes e associados às cooperativas mantenedoras da Fundação ABC.

### Referências

HAMNER, B.; FRASCO, M. **Metrics: Evaluation Metrics for Machine Learning**, 20 jun. 2012. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=Metrics>>. Acesso em: 23 jun. 2025

MARIANO, C.; MÓNICA, B. A random forest-based algorithm for data-intensive spatial interpolation in crop yield mapping. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 184, p. 106094, maio 2021.

MOREIRA, V. M.; NUÑEZ, D. N. C. Estimativa de produtividade da cultura da soja na safra 2021/22: Índices de vegetação e Machine Learning. **Brazilian Journal of Science**, v. 2, n. 1, p. 7–15, 1 jan. 2023.

SAKAMOTO, T. Incorporating environmental variables into a MODIS-based crop yield estimation method for United States corn and soybeans through the use of a random forest regression algorithm. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 160, p. 208–228, fev. 2020.

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. rev. e ampl. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SMIDT, E. R.; CONLEY, S. P.; ZHU, J.; ARRIAGA, F. J. Identifying Field Attributes that Predict Soybean Yield Using Random Forest Analysis. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 2, p. 637–646, mar. 2016.

WICKHAM, H. **tidyverse: Easily Install and Load the “Tidyverse”**, 9 set. 2016. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=tidyverse>>. Acesso em: 23 jun. 2025

WICKHAM, H.; CHANG, W.; HENRY, L.; PEDERSEN, T. L.; TAKAHASHI, K.; WILKE, C.; WOO, K.; YUTANI, H.; DUNNINGTON, D.; VAN DEN BRAND, T. **ggplot2: Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics**, 1 jun. 2007. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=ggplot2>>. Acesso em: 23 jun. 2025

WICKHAM, H.; MÜLLER, K.; R SPECIAL INTEREST GROUP ON DATABASES (R-SIG-DB). **DBI: R Database Interface**, 19 dez. 2001. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=DBI>>. Acesso em: 23 jun. 2025

WICKHAM, H.; OOMS, J.; MÜLLER, K. **RPostgres: C++ Interface to PostgreSQL**, 6 dez. 2017. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=RPostgres>>. Acesso em: 23 jun. 2025

WRIGHT, M. N. **ranger: A Fast Implementation of Random Forests**, 28 jul. 2015. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=ranger>>. Acesso em: 23 jun. 2025

## 7. Ata e Artigos da Comissão de Nutrição Vegetal e Uso do Solo

A Comissão de Nutrição vegetal e uso do solo, tendo como coordenador o Prof. Dr. Jackson Korchagin (Universidade de Passo Fundo - UPF) e relator o Pesquisador Dr. André Julio do Amaral (Embrapa Trigo), reuniram-se no dia 14 de agosto de 2025, nas dependências da Universidade de Passo Fundo, prédio da Faculdade de Direito (UPF) em Passo Fundo RS, contando com a presença dos seguintes participantes:

### 7.1 Participantes

#### 7.1.1 Representantes credenciados

Número	Nome	Instituição
1	André Julio do Amaral	Embrapa Trigo
2	Andressa Tolfo Bandeira	Instituto Federal Farroupilha – Campus Santo Augusto
3	Edgar Sales Brasil Neto	Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
4	Eduardo Brieze Neujsar	Epagri
5	Jackson Korchagin	Universidade de Passo Fundo - UPF
6	Jhony Moller	Apasem
7	Nailor Bastiani Perez	Embrapa Pecuária Sul
8	Tales Tiecher	Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
9	Thomas Martin	Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
10	Vanderlise Giongo	Embrapa Trigo
11	Vitória Romero Garcia	Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA Alegrete
12	Sírio Wielthölter	Embrapa Trigo

#### 7.1.2 Demais participantes

Número	Nome	Instituição
1	Josef Pfann Filho	Josef Pfann Filho e outros
2	Lucas Nascimento Brum	UFSM
3	Luka da Costa Bianchin	UNIPAMPA Itaqui
4	Sara Jordana Zanatta	UFSM
5	Thiago Limper Pfann	Agrícola Estrela



## 7.2 Trabalhos apresentados

Ordem de apresentação	Número do trabalho	Apresentador	Título do trabalho	Forma de apresentação
1	34684	Andressa Tolfo Bandeira	Produtividade de soja submetida a diferentes momentos de aplicação e doses de molibdênio	Oral
2	35701	Lucas Nascimento Brum	Capacidade de solubilização de fosfato por bactérias na cultura da soja	Oral
3	35555	Lucas Nascimento Brum	Inoculantes moleculares utilizados na cultura da soja	Oral
4	35602	Lucas Nascimento Brum	Viabilidade de microrganismos em diferentes pressões de pulverização em sistema de inoculação de sementes por gravidade	Oral
5	35601	Lucas Nascimento Brum	Desempenho da Cultura da Soja sob Coinoculação de Microrganismos em Diferentes Ambientes de Cultivo no Rio Grande do Sul	Oral
6	*35558	Sara Jordana Zanatta	Coinoculação de soja com vesículas de membrana: efeitos sobre produtividade e massa de mil grãos	Oral
7	*35552	Thomas Newton Martin	Sobrevivência de microrganismos em diferentes pressões de pulverização no sistema de inoculação de sementes por gravidade	Oral
8	**35519	Edgar Salis Brasil Neto	Bactérias promotoras de crescimento na coinoculação na cultura da soja	Oral
9	34917	Edgar Salis Brasil Neto	Resposta da Soja à Inoculação via Sementes com <i>Bradyrhizobium</i> spp. e Vesículas de Membrana Externa	Oral
10	34840	Edgar Salis Brasil Neto	Inoculação de <i>Bradyrhizobium japonicum</i>	Oral

			em soja por pulverização em cobertura	
11	34790	Luka da Costa Bianchin	Viabilidade da utilização de polímero hidroabsorvente para cultivo de soja em áreas de terras baixas	Oral
12	35547	Vitória Romero Garcia	Irrigação e manejo do solo em terras baixas para cultivo de soja	Oral
13	34702	Alvadi Antonio Balbinot Junior	Culturas de outono/inverno e escarificação do solo influenciando a produtividade e as concentrações de proteína e óleo em grãos de soja	Oral
14	Minipalestra - Mudança Indicação	Tales Tiecher	Atualizações das indicações para calagem, gessagem e adubação.	Oral

### 7.3 Trabalho destaque

Número	Título	Apresentador
35519	Bactérias promotoras de crescimento na coinoculação na cultura da soja	Edgar Salis Brasil Neto

### 7.4 Atualizações das indicações técnicas

Capítulo 1 – Manejo e conservação do solo e da água, revisão na redação do tópico 1.2.5 Manejo de restos culturais;

Capítulo 2 - Calagem e adubação.

- Incluir o item gessagem nas indicações técnicas com os objetivos de manejar a acidez (reduzir a atividade do  $Al^{+++}$ ), suprir enxofre e os teores de cálcio em subsuperfície; a camada diagnóstica deve ser a de 20-40 cm do solo, o critério para tomada de decisão deve ser a saturação por alumínio  $\geq 20\%$ , na camada de 20-40 cm do solo e as doses definidas em função do teor de argila. A quantidade de gesso a ser aplicada, precedida de calagem com calcário dolomítico para evitar a deficiência de Mg não deve superar a dose de 3,0 t/ha.

- Teores de enxofre

- Calagem: tabela 2.2 para sistema plantio direto consolidado sem restrições na camada de 10 a 20 cm, ajustar as doses de calcário de  $\frac{1}{4}$  para  $\frac{1}{2}$  dose SMP com o pH em água alvo igual a 6,0;

- Tabela 2.2 para sistema plantio direto consolidado com restrições na camada de 10 a 20 cm, pH em água  $\leq 5,5$  e saturação por alumínio  $\geq 10\%$ ;

- Bioinsumos na cultura da soja: inclusão da indicação de Co-inoculação com *Azospirillum brasiliensis* (estirpe ABV 5 e ABV 6), com expectativas de ganhos de rendimento na ordem de 8% na produtividade da soja;
- Aplicação de fósforo e potássio na linha de semeadura evidência maiores rendimentos de grãos de soja;

### **7.5 Necessidades e prioridades de pesquisa**

- Continuar os experimentos a campo para aumentar a abrangência e aperfeiçoar as indicações técnicas referente a doses e modos de aplicação de fertilizantes e corretivos e o desempenho de máquinas semeadoras/adubadoras relacionados a distância entre os adubos e sementes na linha para evitar o efeito salino e priorizar para que a aplicação de potássio seja realizada na linha de semeadura;
- Desenvolver ferramentas para o diagnóstico físico e químico da fertilidade do solo e definir as estratégias de correção e monitoramento da fertilidade do solo em diferentes modelos de produção, em solos da metade sul do Rio Grande do Sul;

### **7.6 Proposições apresentadas**

Aprimoramento contínuo das estratégias de manejo da fertilidade do solo para aperfeiçoar as indicações técnicas.

### **7.7 Resumos expandidos**

## **Produtividade de soja submetida a diferentes momentos de aplicação e doses de molibdênio**

Andressa Tolfo Bandeira<sup>(1\*)</sup>, Hamilton Telles Rosa<sup>(2)</sup>, Luis Fernando Porazzi<sup>(1)</sup>, Maria Luiza Gotin<sup>(1)</sup> e Welliton Plein dos Santos<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Estudante de Graduação, Instituto Federal Farroupilha – *Campus* Santo Augusto. <sup>(2)</sup> Docente, Instituto Federal Farroupilha – *Campus* Santo Augusto.

<sup>(\*)</sup> andressa.2022001231@aluno.iffar.edu.br

**Resumo** – Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses e momentos de aplicação de molibdênio na cultura da soja. O experimento foi conduzido a campo, em delineamento em blocos casualizados com 10 tratamentos e quatro repetições. Foram testadas aplicações foliares e via tratamento de sementes (TS), em diferentes estádios fenológicos (V4 e R1). A produtividade não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, que tiveram produtividade variando entre 53,2 a 64,3 sacas/ha. Contudo, observou-se diferença significativa no peso de mil sementes (PMS), com destaque para os tratamentos com aplicações combinadas em TS, V4 e R1. Concluiu-se que o molibdênio não influenciou a produtividade total, mas afetou positivamente o PMS em alguns tratamentos.

**Termos para indexação:** *Glycine max*, micronutrientes, adubação foliar, nutrição vegetal.

## **Soy productivity subjected to different application times and doses of molybdenum**

**Abstract** – This study aimed to evaluate the effect of different doses and application timings of molybdenum on soybean productivity. The field experiment was conducted in a randomized block design with 10 treatments and four replications. Foliar and seed treatments (TS) were tested at different phenological stages (V4 and R1). Grain yield showed no significant differences among treatments, ranging from 53.2 to 64.3 kg/ha. However, a significant difference was observed in the thousand-seed weight (TSW), with higher values in treatments that combined applications at TS, V4, and R1 stages. It is concluded that molybdenum did not influence overall grain yield but positively affected TSW in specific treatments.

**Index terms:** *Glycine max*, micronutrients, foliar fertilization, plant nutrition.

## **Introdução**

A soja (*Glycine max* [L]. Merril), é uma das culturas mais importantes do mundo, principalmente como fonte de proteína e óleo vegetal. O Brasil é o maior produtor de soja do mundo e um dos maiores exportadores de seus produtos e subprodutos. Estima-se que na safra 2024/25 a produção seja 13,3% superior à

safrã passada, alcançando 167,4 milhões de toneladas (Companhia Nacional de Abastecimento - Conab, 2025).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN), impulsionada pela ação de bactérias, tem contribuído significativamente para a diminuição dos custos de produção na cultura da soja, tal processo tem proporcionado um aumento da competitividade dessa *commodity* no mercado internacional (Silveira et al., 2021). Conforme Taiz et al. (2017), a fixação biológica representa a forma mais importante de fixar nitrogênio atmosférico N<sub>2</sub> em amônio.

O molibdênio (Mo) é um micronutriente que desempenha papel fundamental na nutrição das plantas. Conforme Gassen (2019), o Mo a base formadora da nitrogenase que possui a função de romper a tríplice ligação de N<sub>2</sub> e ligá-los ao oxigênio, resultando em nitrato. Pesquisas indicam que esse micronutriente desempenha um papel crucial na fotossíntese, participando ativamente da biossíntese de clorofila e da manutenção da estabilidade do aparelho fotossintético (Imran et al., 2019; Yu et al., 2006).

Diante disso, o experimento visou avaliar a influência de diferentes doses e momentos de aplicação de molibdênio na produtividade de soja.

## Material e métodos

O experimento a campo foi conduzido na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha - *Campus* Santo Augusto, na safra 2024/2025, latitude 27°51'08"S, longitude 53°47'35"O e altitude de 495 metros. O clima de Santo Augusto, segundo a classificação de Köppen - Geiger (Moreno, 1961) é do tipo Cfa – temperado chuvoso, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano e subtropical do ponto de vista térmico. O solo pertence à Unidade de Mapeamento Santo Ângelo, classificado no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos como Latossolo Vermelho distroférico (Santos *et al.*, 2013). Por ocasião da instalação do estudo o solo apresentava os seguintes atributos químicos quantificados na camada de 0,00-0,20 m: pH (H<sub>2</sub>O) = 5,10; matéria orgânica (MO) = 2,70 g dm<sup>-3</sup>; P (Melich) = 8,30 mg dm<sup>-3</sup>; K = 186,0 mg dm<sup>-3</sup>.

Para a dessecação da área foi efetuada a aplicação de Heat (350g p/ 5ha) em mistura com Glufosinato (2L/ha) e óleo (500mL). Utilizou-se delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, dispostos em parcelas de 4m x 5m, totalizando 20 m<sup>2</sup>. Os tratamentos foram os seguintes:

**Tabela 1.** Tratamentos, produtos, momentos de aplicação e doses utilizadas no experimento.

	Tratamentos		
	Produto	Momento de aplicação	Dose*
T1	-	-	-
T2	Glutamin CoMo	TS	1,5
T3	Glutamin CoMo	TS	3,0
T4	Biomol	V4	250
T5	Biomol	V4	500
T6	Biomol	R1	250
T7	Biomol	R1	500
T8	Glutamin CoMo + Biomol	TS +V4	1,5
T9	Glutamin CoMo + Biomol	TS + R1	1,5
T10	Glutamin CoMo + Biomol	TS + V4 + R1	1,5

\*Dose do produto Glutamin CoMo dispostos em mL/kg e de Biomol em mL/ha. Fonte: Elaborada pela própria autora (2025).

A semeadura foi realizada no dia 27 de novembro de 2024, onde utilizou-se a cultivar Neogen 580 (GMR 5.8) com população de 311,111 mil plantas ha<sup>-1</sup>, com espaçamento de 45 centímetros entre linhas e inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* (Semia 5079 e 5080 com 1,0 x 10<sup>9</sup> UFC/ml) e *Azospirillum brasilense* (Cepas AbV5 e AbV6 com 2,0 x 10<sup>8</sup> UFC/ml). A inoculação foi realizada no momento da semeadura com a dose de 100mL para 50kg de sementes para ambos.

Para a adubação foi posto 250 kg do adubo NPK 05:20:20 no momento da semeadura. O produto Glutamin CoMo é composto por 0,5% de cobalto (6,85 g/L), 0,1 % de Manganês (1,37 g/L), e 10,0 % de Mo (137 g/L). Já o Biomol é um produto composto por 3,0% de nitrogênio (39,0 g/L), 0,1% de manganês (1,3 g/L), e 7,0% de molibdênio (91,0 g/L). Ambos foram usados nas doses recomendadas e com o dobro das doses recomendadas (Tabela 1). As aplicações foliares em V4 - terceira folha trifoliolada completamente desenvolvida e em R1 - uma flor aberta em qualquer nó da haste principal, foram

realizadas com o auxílio de um pulverizador costal pressurizado a CO<sup>2</sup>. Todas as demais recomendações de manejo seguiram as Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina.

Quando a soja alcançou sua maturidade fisiológica – R8, no dia 11 de abril, foi realizada colheita manual, onde colheu-se 3 metros lineares das 3 linhas centrais e coletou-se 5 plantas para determinação das variáveis: quantidade de legumes por planta e número de grãos por legume. A debulha foi realizada mecanicamente com um debulhador.

A produtividade foi determinada a partir da conversão da produtividade da área colhida para hectare. Determinou-se o teor de umidade e a produtividade foi calculada com a correção para 13% de umidade. O peso de mil sementes (PMS) foi determinado com a contagem de 8 repetições de 100 sementes e pesagem em balança analítica (BRASIL, 2009), onde os resultados foram expressos em gramas. As variáveis foram submetidas à análise de variância e posteriormente foi realizado o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância no programa estatístico SASM-Agri (SASM-AGRI, 2001).

## **Resultados e discussão**

Ao decorrer do experimento houve uma precipitação total de aproximadamente 650mm e as temperaturas permaneceram na média de 23,9 °C. Conforme Zanon et al. (2018), uma lavoura com elevado potencial de produtividade necessita de aproximadamente 800 mm de água para expressar seu potencial, com temperaturas ótimas que variam de 21,5°C a 32,4 °C. Desta forma, a cultura não obteve a disponibilidade hídrica necessária para expressar seu potencial máximo, mesmo com a temperatura média em numa faixa adequada.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos na produtividade de grãos, as quais variaram de 64,3 sacas/ha a 53,2 sacas/ha, tratamento 9 (TS + aplicação em R1) e tratamento 4 (aplicação em V4 – dose recomendada), respectivamente.

O peso de mil sementes (PMS) apresentou diferença significativa, onde se destacam os tratamentos T10 (TS + aplicação em V4 e R1), T2 (TS – dose

recomendada), T3 (TS – dobro da dose recomendada), T6 (aplicação em R1), T5 (aplicação em V4 – dobro da dose recomendada), T7 (aplicação em R1 – dobro da dose recomendada) e T1 (testemunha).

**Tabela 2.** Tratamentos com os resultados de produtividade e PMS.

Tratamentos	Produtividade (sacas/ha)			PMS (gramas)		
T9	64,3*	± 12,3	a	151,0*	± 5,5	b
T10	62,4	± 12,0	a	163,1	± 5,1	a
T2	60,9	± 9,4	a	161,7	± 4,0	a
T3	57,6	± 6,0	a	164,0	± 3,9	a
T6	57,4	± 7,9	a	160,7	± 5,7	a
T5	56,9	± 20,1	a	160,0	± 4,0	a
T7	55,7	± 16,1	a	161,2	± 3,7	a
T8	54,7	± 15,8	a	151,1	± 4,6	b
T1	54,5	± 7,3	a	163,1	± 6,0	a
T4	53,2	± 16,8	a	155,8	± 4,3	b

\*Médias aritméticas ± desvio padrão seguido por letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). Fonte: Elaborada pela própria autora (2025).

A disponibilidade de Mo para as plantas tende a aumentar conforme eleva-se o pH do solo, sendo favorecida a partir do pH 5,5 (Oliveira et al., 2021). O solo do local do experimento estava com um pH de 5,10, tal fato pode ter comprometido a eficiência dos tratamentos que aplicaram o Mo na semente.

Conforme Santos (2023), a aplicação na soja de molibdênio e cobalto nos estádios V5 e R1 de forma combinada, resulta em maior peso de mil grãos. Além disso, experimentos conduzidos com soja demonstraram que a aplicação foliar de molibdênio nos estágios V4 e V5 apresentou resultados equivalentes à aplicação nas sementes, sem impacto negativo na nodulação (Campo et al., 1999).

Nota-se que neste experimento nos tratamentos em que foi realizada a aplicação apenas em V4 (T4), aplicação em TS + V4 e TS + R1, resultaram em peso de mil sementes (PMS) inferiores aos demais. Por outro lado, dentre os resultados estatísticos superiores para a variável PMS está o tratamento que combinou a aplicação de Mo em TS, V4 e R1.



Polvani et al. (2012) avaliaram o efeito do Molibdênio na produtividade e na qualidade fisiológica da planta de soja constatando que a aplicação do nutriente melhorou diversas características das plantas, como a produtividade, porte, desenvolvimento de raízes, entre outros parâmetros de crescimento. Toletto et al. (2010), constataram um aumento na atividade da enzima nitrato redutase quando a aplicação foi realizada via foliar, em comparação ao tratamento de sementes.

## Conclusões

As diferentes doses e momentos de aplicação de molibdênio não influenciaram significativamente a produtividade de grãos. No entanto, observaram-se diferenças significativas no peso de mil sementes, especialmente nos tratamentos com aplicação combinada em TS, V4 e R1. Mais estudos como este devem ser conduzidos para avaliar a fundo a suplementação desse nutriente em anos com maior precipitação pluviométrica e também outras cultivares.

## Referências

- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.
- CAMPO, R. J.; ALBINO, U. B.; HUNGRIA, M. **Métodos de aplicação de micronutrientes na nodulação e na fixação biológica do N<sub>2</sub> em soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. (Comunicado Técnico, n. 19).
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Produção de grãos na safra 2024/25 é de 328,3 milhões de toneladas em nova estimativa da Conab. Brasília, 2025**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5980-producao-de-graos-na-safra-2024-25-e-de-328-3-milhoes-de-toneladas-em-nova-estimativa-da-conab>. Acesso em: 21 abr. 2025.
- GASSEN, D. **A visão técnica de Dirceu Gassen**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2019.
- IMRAN, M. et al. Molybdenum-induced effects on photosynthetic efficacy of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under different nitrogen sources are associated with nitrogen assimilation. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 141, p. 154–163, 2019.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura, 1961. 43 p.

OLIVEIRA, S. L. de. **Adubação foliar de molibdênio melhora o metabolismo fotossintético e aumenta produtividade de soja e milho**. 2021. Disponível em: <https://www.portalogro.com.br>. Acesso em: 06 jun. 2025.

POLVANI, R. L. et al. Resposta da soja inoculada a diferentes doses de molibdênio. In: MOSTRA INTERNA DE TRABALHOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., 2012, Maringá. **Anais eletrônicos...** Maringá: Cesumar, 2012.

SANTOS, A. R. R. dos. **Desempenho da cultura da soja sob influência de aplicação foliar de cobalto e molibdênio**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Federal Farroupilha, Campus Santo Augusto.

SANTOS, H. G. dos et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

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, n. 2, p. 18–24, dez. 2001.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TOLEDO, M. Z. et al. Nodulação e atividade da nitrato redutase em função da aplicação de molibdênio em soja. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 6, p. 858–864, 2010.

YU, M.; HU, C. X.; WANG, Y. H. Effects of molybdenum on the intermediates of chlorophyll biosynthesis in winter wheat cultivars under low temperature. **Agricultural Sciences in China**, v. 5, n. 9, p. 670–677, 2006.

ZANON, A. J. et al. **Ecofisiologia da soja: visando altas produtividades**. Santa Maria: Ed. 1, 2018. 136 p.

## Capacidade de solubilização de fosfato por bactérias na cultura da soja

Lucas Nascimento Brum<sup>(1\*)</sup>, Rosana Taschetto Vey<sup>(1)</sup>, Fernando Sintra Fulaneti<sup>(1)</sup>, Rodrigo Josemar Seminoti Jacques<sup>(1)</sup>, Paulo Sérgio Pavinato<sup>(2)</sup>, Francisco Javier Lopez Baena<sup>(3)</sup>, Janaina de Fatima Spanevello<sup>(1)</sup>, Rafaela Leopoldina<sup>(1)</sup>, Lucas Pedro Cipriani<sup>(1)</sup> e Thomas Newton Martin<sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. <sup>(2)</sup> Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. <sup>(3)</sup> Universidade de Sevilla, Sevilla, Espanha.

**Resumo** – Microrganismos solubilizadores de fosfato aumentam a disponibilidade de nutrientes no solo por meio da secreção de enzimas extracelulares, como fosfatases. Este estudo teve como objetivo avaliar a capacidade de solubilização de fósforo por bactérias co-inoculadas em culturas de soja. As plantas foram cultivadas em solução nutritiva com sementes inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* (Brady), Brady + *Pseudomonas fluorescens* (Ps), Brady + *Bacillus megaterium* (Bm) + *Bacillus subtilis* (Bs), e Brady + Bs, sob diferentes doses de fósforo. A co-inoculação Brady+Bs proporcionou aumento de 201,26% na massa seca das raízes. Na dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, Brady + Pf aumentou o teor de fósforo na parte aérea em 26,7% em relação ao controle. Já Brady + Bm/Bs promoveu acréscimo de 22,5%, evidenciando o potencial das bactérias na eficiência do uso de P.

**Termos para indexação:** *Bradyrhizobium japonicum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis*.

## Phosphate solubilization capacity by bacteria in soybean crops

**Abstract** – Phosphate-solubilizing microorganisms increase nutrient availability in the soil through the secretion of extracellular enzymes such as phosphatases. This study aimed to evaluate the phosphorus solubilization capacity of bacteria co-inoculated in soybean crops. The plants were grown in a nutrient solution with seeds inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* (Brady), Brady + *Pseudomonas fluorescens* (Pf), Brady + *Bacillus megaterium* (Bm) + *Bacillus subtilis* (Bs), and Brady + Bs, under different phosphorus doses. The Brady+Bs co-inoculation resulted in a 201.26% increase in root dry mass. At a dose of 40 kg ha<sup>-1</sup> of NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, Brady + Pf increased the phosphorus content in the shoot by 26.7% compared to the control. Meanwhile, Brady + Bm/Bs promoted a 22.5% increase, highlighting the potential of these bacteria to enhance phosphorus use efficiency.

**Index terms:** *Bradyrhizobium japonicum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis*.

## Introdução

O fósforo (P) é um elemento essencial para as plantas, pois participa do fluxo de energia celular e da composição de várias macromoléculas. O P faz

parte da estrutura dos nucleotídeos e dos fosfolipídios e atua nos processos de fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão e crescimento celular, entre outros (Barra et al., 2019). Por isso, sua disponibilidade no solo influencia o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Li et al., 2017). A principal fonte de P para solos agrícolas são os fertilizantes fosfatados, obtidos a partir da mineração de rochas fosfáticas, que são finitas e possuem alto custo de extração o que tende a aumentar o preço desses fertilizantes (Wu et al., 2023).

Em 2020, o Brasil importou 73% do fósforo (P) necessário para fins agrícolas, totalizando 4,8 milhões de toneladas de fosfato monoamônico (MAP), equivalentes a 2,3 milhões de toneladas de óxido de fósforo ( $P_2O_5$ ), conforme relatado (GlobalFert, 2021). Esse cenário evidencia a dependência brasileira da importação de fósforo. Mais de 40 países extraem rochas fosfáticas de depósitos fosfatados, sendo China, Marrocos, Estados Unidos e Rússia os quatro maiores produtores, responsáveis por cerca de 79% da produção global (Ruan et al., 2019).

Grande parte do P presente no solo está indisponível devido à adsorção a coloides e matéria orgânica do solo, fixação em minerais primários e secundários, ou imobilização pela biota do solo. Uma alternativa para aumentar a disponibilidade de P no solo é o uso de microrganismos solubilizadores. Bactérias promotoras do crescimento de plantas (PGPB) podem solubilizar fosfatos de cálcio, ferro, alumínio e magnésio, o que resulta em maior disponibilidade de P para as plantas (Cruz et al., 2022; Ferraro et al., 2023).

As bactérias *Bacillus megaterium*, *B. subtilis* e *Pseudomonas fluorescens* têm sido amplamente estudadas como potenciais solubilizadoras de fosfato (Aberathna et al., 2022). A maior aquisição de P pelas culturas ocorre, principalmente, devido ao aumento do sistema radicular e à solubilização do P presente na rizosfera (Sousa et al., 2020).

A essencialidade do P para a agricultura é inquestionável, porém os custos crescentes dos fertilizantes fosfatados para países importadores tornaram-se um dos principais desafios da agricultura moderna. Aumentar a oferta de inoculantes contendo microrganismos eficientes na solubilização de

fosfato pode contribuir para um melhor aproveitamento do P fixado no solo, reduzindo as quantidades aplicadas anualmente por meio de fertilizantes fosfatados. A prospecção e seleção de microrganismos solubilizadores de fosfato são etapas fundamentais para o desenvolvimento de novos inoculantes. Nesse sentido, o objetivo foi avaliar a capacidade de solubilização de fosfato por bactérias coinoculadas em cultivos de soja.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições em esquema bifatorial (4x4), sendo o primeiro fator (*Bradyrhizobium japonicum*) (Brady), Brady + *Pseudomonas fluorescens*, Brady + *Bacillus megaterium* + *Bacillus subtilis* e Brady + *Bacillus subtilis*, em combinação com o segundo fator, que consistiu em quatro doses de fósforo (0, 40, 80 e 120 kg/ha de  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ), totalizando 16 tratamentos. As sementes de soja utilizadas foram da cultivar NS5959 IPRO e foram inoculadas com quatro inoculantes comerciais.

O inoculante “Brady” foi composto pelas estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080 de *Bradyrhizobium japonicum* ( $7 \times 10^9$  UFC  $\text{mL}^{-1}$ ). O inoculante “Pf” foi composto por *Pseudomonas fluorescens* CCTB03, na concentração de  $1 \times 10^9$  UFC  $\text{mL}^{-1}$ . O inoculante “BmBs” foi composto por *Bacillus megaterium* (BRM 119) + *B. subtilis* (BRM 2084), ambos na concentração de  $1 \times 10^9$  UFC  $\text{mL}^{-1}$ . Já o inoculante “Bsu” foi composto por *B. subtilis* CCTB04 na mesma concentração ( $1 \times 10^9$  UFC  $\text{mL}^{-1}$ ).

A contagem celular foi realizada por diluição seriada e plaqueamento em meio de cultura Ágar Nutriente, conforme descrito a seguir. Os inoculantes foram combinados da seguinte forma: Brady + Pf; Brady + Bm + Bs; Brady + Bsu e Brady isolado. Todos os inoculantes foram aplicados na dose de 100 mL para 50 kg de sementes.

As sementes inoculadas foram semeadas em bandejas com substrato comercial e mantidas por duas semanas em estufa com irrigação diária. Posteriormente, quatro plântulas foram transplantadas para o sistema hidropônico, composto por recipiente de oito litros contendo solução nutritiva de

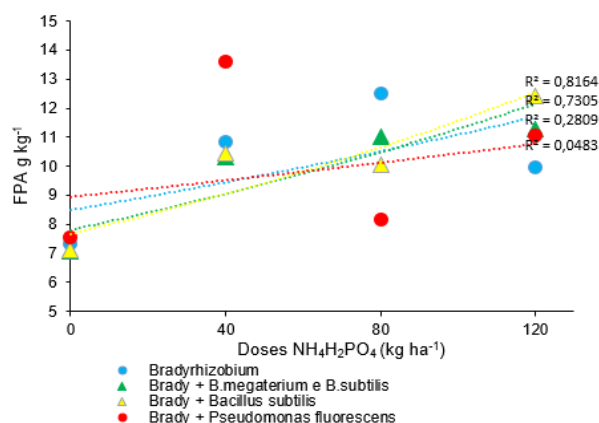
Hoagland e Arnon (1950). As concentrações de P na solução nutritiva foram: 0; 23,01; 57,52 e 138,04 mg L<sup>-1</sup>.

As plantas foram cultivadas em estufa até o estágio R2 (floração plena), de 10/02/2020 a 19/03/2020. As variáveis analisadas foram: teor de P na parte aérea (PPA) e massa seca das raízes (SARM). Para a determinação do teor de P, foram coletadas 35 folhas trifoliadas por tratamento antes da colheita, secas em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C até massa constante, pesadas e submetidas à avaliação do teor de P. A determinação do fósforo nos tecidos foliares foi realizada por espectrofotometria, a partir de alíquotas extraídas por solução de molibdato de amônio e ácido aminonaftolsulfônico. A massa seca das raízes das quatro plantas por repetição foi determinada após a secagem, conforme descrito.

Os dados foram submetidos à verificação dos pressupostos do modelo matemático (Steel et al., 1997) e à análise de variância (ANOVA). Quando significativos, foi realizada análise de regressão para as doses de fósforo. As análises foram realizadas utilizando o software estatístico Sisvar® 5.6.

## Resultados e discussão

Foi verificada a relação entre os tratamentos com microrganismos e as doses de fósforo (P) na solução nutritiva em relação à concentração de fósforo no tecido foliar da soja (Figura 1). Quando o fósforo não foi utilizado na solução, observou-se a menor concentração de P no tecido foliar para todos os tratamentos com microrganismos, sem diferença estatística entre eles. No entanto, quando o P foi adicionado à solução em concentrações superiores a 23,01 mg L<sup>-1</sup>, foram observadas variações no teor de P nas folhas. Considerando a dose de 23,01 mg L<sup>-1</sup> de P, o tratamento com *B. japonicum* + *P. fluorescens* (T2) apresentou um aumento de 26,7% em relação ao tratamento controle, e o uso de *B. japonicum* + *B. megaterium*/*B. subtilis* resultou em um aumento de 22,5% na concentração de fósforo na parte aérea. Quando foi utilizada a dose mais alta de P (138,04 mg L<sup>-1</sup>), todos os tratamentos com *B. japonicum* associados a bactérias solubilizadoras apresentaram maior concentração de fósforo na parte aérea da planta (Tabela 1).

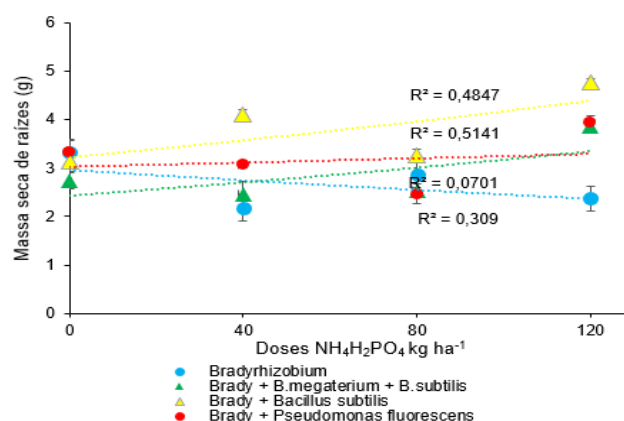


**Figure 1.** Teor de fósforo na parte aérea (FPA, g kg<sup>-1</sup>), nas diferentes doses de NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (0; 40; 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), em relação aos tratamentos com bactérias em hidroponia.

**Tabela 1.** Média do teor de fósforo na parte aérea – FPA (g kg<sup>-1</sup>) em diferentes doses de NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (0; 40; 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) em relação aos tratamentos com bactérias em hidroponia.

Tratamentos/Doses	0	40	80	120
<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	7.31	10.86	12.5	9.95
Brady + <i>B. megaterium</i> e <i>B. subtilis</i>	7.12	10.46	10.04	12.44
Brady + <i>Bacillus subtilis</i>	7.05	10.3	11.02	11.27
Brady + <i>Pseudomonas fluorescens</i>	7.58	13.62	8.16	11.04

Entre os dados analisados, os tratamentos que melhor se ajustaram ao modelo de regressão foram T3 e T4. O tratamento com *B. japonicum* em combinação com *B. subtilis* apresentou a melhor resposta em termos de produção de massa seca de raízes com o aumento das doses de fósforo. A aplicação desses microrganismos juntamente com *B. megaterium* também respondeu positivamente à aplicação de NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (Figura 2).



**Figure 2.** Massa seca de raízes (MSR), em diferentes doses de NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (0; 23,01; 57,52 e 138,04 mg L<sup>-1</sup>) em relação aos tratamentos com bactérias em hidroponia.

Os resultados obtidos relatam a capacidade das bactérias do gênero *Bacillus*, em conjunto com *B. japonicum*, de utilizar o fósforo (P) adicionado. A forma mais eficiente de as plantas acessarem o P é por meio da presença de microrganismos que absorvem e imobilizam o fósforo, liberando-o gradualmente no solo. O uso de microrganismos solubilizadores de fosfato em conjunto com fertilizantes fosfatados aumenta a atividade enzimática microbiana, bem como o ciclo de nutrientes.

Existe uma interação muito intensa ao redor das raízes, envolvendo exsudatos, microrganismos e solo. Muitos pesquisadores já comprovaram os benefícios proporcionados pelos microrganismos, seja por meio da produção de exsudatos radiculares, melhor condição fitossanitária, redução de custos, aumento da produtividade, entre outros. No entanto, a eficiência dos microrganismos utilizados depende de fatores como disponibilidade de água, oxigênio, temperatura e pH adequado.

A capacidade de solubilização de algumas bactérias, como as do gênero *Bacillus*, está relacionada à síntese de hormônios radiculares como o ácido indolacético (AIA), que aumenta a área radicular, permitindo maior exploração do solo pelas raízes e, conseqüentemente, maior absorção de água e nutrientes. No entanto, outros gêneros, como *Pseudomonas*, *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*, induzem a formação de pelos radiculares por meio da estimulação da multiplicação celular. A produção de sideróforos e ácidos orgânicos são exemplos desses mecanismos, que resultam no aumento da secreção de enzimas.

## **Conclusões**

O uso das bactérias *B. subtilis*, *B. megaterium* e *P. fluorescens* aumentou a concentração de fósforo nas folhas de soja e também a massa seca das raízes de soja quando as doses de fósforo na solução nutritiva foram elevadas.

## **Referências**

ABERATHNA, A. A. A. U.; SATHARASINGHE, D. A.; JAYASOORIYA, A. P.; JINADASA, R. N.; MANOPRIYA, S.; JAYAWEEERA, B. P. A.; FERNANDO W. A. D. V.; WEERATHILAKE G. A.; PRATHAPASINGHE, J. A.; LIYANAGE.



Increasing the bioavailability of phosphate by using microorganisms.

**International Journal of Agronomy**. 4305501, 2022.

BARRA, P. J.; PONTIGO, S.; DELGADO, M.; PARRA-ALMUNA, L.; DURAN, P.; VALENTINE, A. J.; DE LA LUZ MORA, M. Phosphobacteria inoculation enhances the benefit of P-fertilization on *Lolium perenne* in soils contrasting in P-availability. **Soil Biology and Biochemistry**, 136, 2019.

CRUZ, J. A.; TUBANA, B. S.; FULTZ, L. M.; DALEN, M. S.; HAM, J. H. Identification and profiling of silicate-solubilizing bacteria for plant growth-promoting traits and rhizosphere competence. **Rhizosphere**. 23, 100566. 2022.

FERRARO, A. C.; FRANÇA, A. C.; MACHADO, C. M. M.; AGUIAR, F. R.; OLIVEIRA, L. L.; BRAGA NETO, A. M.; OLIVEIRA, R. G. Commercial characteristics of coffee seedlings produced with different sources of phosphorus and plant growth-promoting bacteria. **Brazilian Journal of Biology**, vol. 83, pp. e270262, 2023.

GLOBALFERT. Disponível em < <https://globalfert.com.br/>>. Acesso em: 20 May 2021.

LI, C.; LI, C.; ZHANG, H.; LIAO, H.; WANG, X. The purple acid phosphatase GmPAP21 enhances internal phosphorus utilization and possibly plays a role in symbiosis with rhizobia in soybean. **Physiologia Plantarum**. 159 (2), 215-227. 2017.

RUAN, Y.; HE, D.; CHI, R. Review on beneficiation techniques and reagents used for phosphate ores. **Minerals**. 9 (4), 253. 2019.

SOUSA, S. M.; OLIVEIRA, C. A.; ANDRADE, D. L.; CARVALHO, C. G.; RIBEIRO, V. P.; PASTINA, M. M.; MARRIEL, I. E.; LANA, U. G. P.; GOMES, E. A. Tropical *Bacillus* strains inoculation enhances maize root surface area, dry weight, nutrient uptake and grain yield. **Journal of Plant Growth Regulation**, vol. 40, pp. 867-877. 2021.

STEEL, R. G.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. McGrawHill 666p. 1986.

WU, Z.; SHE, L.; YE, P.; ZHU, T.; LI, J.; ZHANG, X.; MA, M.; WANG, T. Extraction of H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> from low-grade phosphate rocks leachate of HCl-route by the mixture of TBP and IPE: Optimization, mass transfer and mechanism. **Journal of Molecular Liquids**. 370, 120861. 2023.

## Inoculantes moleculares utilizados na cultura da soja

Fernando Sintra Fulaneti<sup>(1)</sup>, Edgar Salis Brasil Neto<sup>(1)</sup>, Lucas Nascimento Brum<sup>(1)</sup>, Lucas Pedro Cipriani <sup>(1)</sup>, Sara Jordana Zanatta<sup>(1)</sup> e Thomas Newton Martin<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, Brasil.

<sup>(\*)</sup>martin.ufsm@gmail.com

**Resumo** – A coinoculação de vesículas de membrana extracelular (VME) com bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) representa uma estratégia promissora para potencializar os efeitos benéficos dessas bactérias, promovendo incrementos na produtividade de culturas agrícolas. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da coinoculação de VME com diferentes BPCP sobre a produtividade de grãos da cultura da soja (*Glycine max*). O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos avaliados foram: (i) testemunha (sem inoculação); (ii) vesículas de membrana extracelular (VME); (iii) *Bradyrhizobium japonicum* (Bj); (iv) *Azospirillum brasilense* (Ab); (v) *Pseudomonas fluorescens* (Pf); (vi) Bj + Ab; (vii) Bj + VME; (viii) Ab + VME; (ix) Pf + VME; (x) Bj + Ab + VME. A variável analisada foi a produtividade de grãos. Os resultados indicaram que os tratamentos com *B. japonicum* (Bj), *A. brasilense* (Ab), *P. fluorescens* (Pf), bem como suas combinações com VME (Bj + VME, Ab + VME, Pf + VME e Bj + Ab + VME), apresentaram os maiores valores de produtividade de grãos. Essas informações sugerem que a coinoculação com vesículas de membrana extracelular pode intensificar os efeitos das BPCP, configurando uma alternativa viável para o incremento sustentável da produção de soja.

**Termos para indexação:** *Glycine max*, vesículas de membranas extracelular, produção.

## Molecular inoculants used in soybean cultivation

**Abstract** – The co-inoculation of extracellular membrane vesicles (EMVs) with plant growth-promoting bacteria (PGPB) represents a promising strategy to enhance the beneficial effects of these microorganisms, potentially leading to increased productivity in agricultural crops. Accordingly, the present study aimed to evaluate the effects of co-inoculating EMVs with different PGPB on the grain yield of soybean (*Glycine max*). The experiment was conducted at the Federal University of Santa Maria (UFSM) using a randomized block design with four replications. The treatments evaluated were: (i) control (no inoculation); (ii) extracellular membrane vesicles (EMV); (iii) *Bradyrhizobium japonicum* (Bj); (iv) *Azospirillum brasilense* (Ab); (v) *Pseudomonas fluorescens* (Pf); (vi) Bj + Ab; (vii) Bj + EMV; (viii) Ab + EMV; (ix) Pf + EMV; (x) Bj + Ab + EMV. The variable analyzed was grain yield. The results indicated that the treatments with *B. japonicum* (Bj), *A. brasilense* (Ab), and *P. fluorescens* (Pf), as well as their combinations with

EMVs (Bj + EMV, Ab + EMV, Pf + EMV, and Bj + Ab + EMV), achieved the highest grain yields. These findings suggest that the co-inoculation with extracellular membrane vesicles may enhance the effects of PGPB, representing a viable alternative for sustainably increasing soybean production.

**Index terms:** *Glycine max*, extracellular membrane vesicles, production.

## Introdução

A soja [*Glycine max* (L.) Merr.] é uma importante aleuroleaginosa cultivada no Brasil sendo o grão brasileiro mais exportado. O grão é rico em proteínas e possui grande diversidade de uso, como na alimentação humana e animal. O Brasil maior mundial, na safra 2023/2024, teve um crescimento de 2,6 % na área plantada em relação à safra passada, com a produção de 166,14 milhões de toneladas em uma área cultivada de 47,35 milhões de hectares (CONAB, 2024).

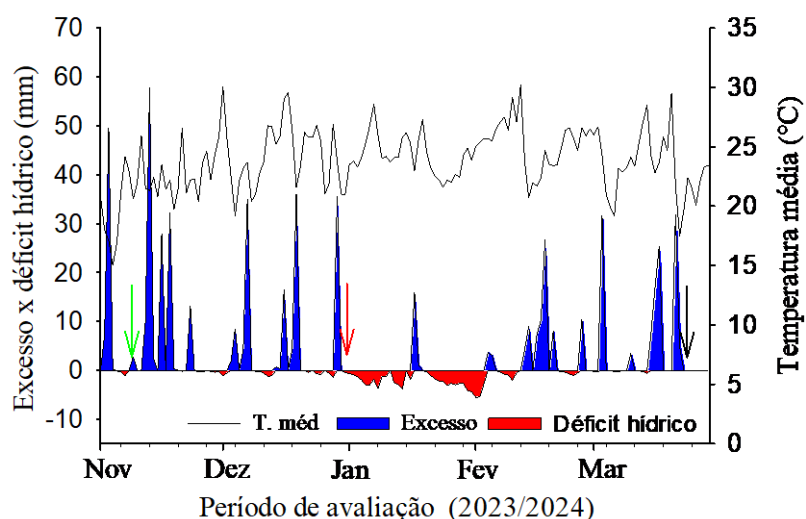
Anualmente, ocorre aumento na demanda de grãos da soja que é constantemente impulsionada pelo crescimento da população mundial. Dessa forma, torna-se necessário aumentar a produção reduzindo os impactos ao ambiente. Dentre as estratégias empregadas para alcançar esse aumento, está o uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP), além da adição de vesículas de membrana extracelular das bactérias o que pode aumentar a eficiência produtiva, ambiental, social e econômica. A utilização de inoculantes de vesículas de membranas extracelular baseado em vesícula da membrana, pode ser uma alternativa eficiente para aplicação via sementes, trazendo aumento na produtividade.

Contudo, existem, inúmeras bactérias benéficas na agricultura como a tecnologia conhecida inoculante na cultura soja. Como exemplo, das bactérias como *Azospirillum brasilense* (crescimento radicular), *Pseudomonas fluorescens* (solubilização de fósforo e *Bradyrhizobium japonicum* (nodulação nas raízes) - Cassán, et al., 2009; Zeffa et al., 2020), porém com o uso das vesículas moleculares extracelular das bactérias em forma de inoculantes molecular, estas podem ser usadas em sementes e aumentar produção de grãos. Estes inoculantes de vesículas de membranas extracelular podem ter a capacidade de potencializar no aumento da produtividade de grãos. Com isso objetivou-se testar

a utilização de vesículas de membranas extracelular juntamente com microrganismos em coinoculação na cultura da soja.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), situada nas coordenadas geográficas 29°42' de latitude sul, 53°42' de longitude oeste e a 116 metros de altitude, durante a safra de 2022/2023. O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico. E análise físico-química do solo descrita (Tabela 1). Os dados de balanço hídrico, incluindo os déficits e excessos hídricos ocorridos durante a safra, foram obtidos da estação meteorológica automática do 8º DISME/INMET, localizada no campus da UFSM, e estão ilustrados na Figura 1, conforme os dados disponibilizados pelo INMET.



**Figura 5.** Balanço hídrico com o déficit e excedente hídrico. As setas indicam a semeadura (verde), florescimento (vermelha) e colheita (preta) na área didática experimental da Coxilha-UFSM.

**Tabela 1.** Análise físico-química do solo do local do experimento, ano 2023 e 2024 área didática experimental da Coxilha-UFSM.

Ano 2023									
Camada (cm)	pH	MO	Argila	P	K	S	Ca/Mg	M	V
		-----%-----		-----mg /dm <sup>3</sup> -----			-cmolc /dm <sup>3</sup> -	-----%-----	
0-10	6,5	2,5	20	24,4	136	5,6	2,3	0,0	83,2
10-20	5,5	1,5	29	4,6	40	7	1,9	6,9	64,5

pH= Potencial Hidrogeniônico, MO= Matéria orgânica, P= Fósforo, K= Potássio, S= Enxofre, Ca= Cálcio, Mg= Magnésio, M= Saturação por Alumínio e V= Saturação por bases.

A adubação do primeiro e segundo experimento foi realizada com a formulação 0-28-20, na dose de 350 kg ha<sup>-1</sup>, tanto no ano agrícola 2023/2024, conforme a recomendação de adubação para a cultura da soja apresentada no Manual de Adubação e Calagem do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. O experimento foi realizado a semeadura em 07/11/2023 na área experimental pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). O experimento, foi utilizada a cultivar de soja NS 6700 IPRO, de ciclo longo e crescimento indeterminado, com espaçamento entre fileiras de 0,45 m e 15 sementes m<sup>-1</sup> linear na fileira, resultando em uma densidade de 330.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Os tratamentos consistiram na inoculação de bactérias e vesículas de diferentes bactérias via sementes. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos estão descritos na (Tabela 2). As parcelas experimentais foram compostas por cinco fileiras, espaçadas a 0,45 m entre si, e o comprimento de cada parcela foi de 7,25 m. O fluxo de isolamento das vesículas de membrana seguiu o proposto na Figura 1.

**Tabela 2.** Descrição dos tratamentos que foram aplicados os inoculantes via sementes na área didática experimental da Coxilha-UFSM.

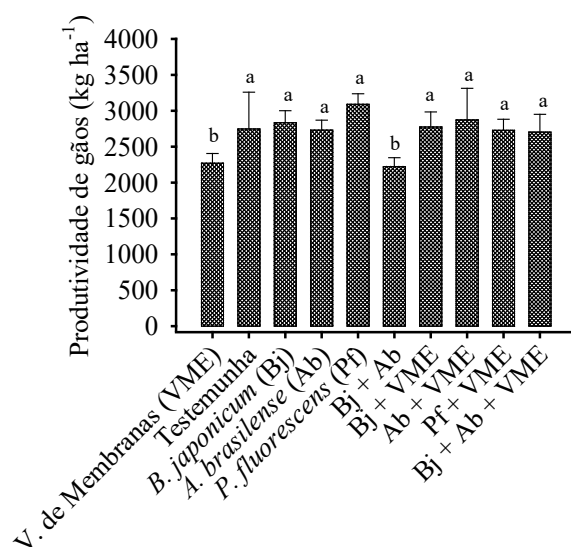
Tratamentos <sup>1; 2</sup>	Inoculação via sementes (L ha <sup>-1</sup> )
0 Vesículas de membrana extracelular (VME)	0,03
1 Controle	---
2 <i>Bradyrhizobium japonicum</i> (Bj)	1
3 <i>Azospirillum brasilense</i> (Ab)	0,4
4 <i>Pseudomonas fluorescens</i> (Pf)	0,4
5 Bj + Ab	1+0,03
6 Bj + VME	1+0,03
7 Ab + VME	0,4+0,03
8 Pf + VME	0,4+0,03
9 Bj + Ab + VME	1+0,4+0,03

<sup>1</sup>A concentração das bactérias é de, no mínimo, 10<sup>9</sup> unidades formadoras de colônia por ml.

No estágio fenológico R8 (maturação da planta), foi colhida e trilha uma área útil de 6,75 m<sup>2</sup> de cada unidade experimental para determinação da produtividade de grãos. Os resultados obtidos nas avaliações dos experimentos foram submetidos à análise de variância, e as médias foram separadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. As análises estatísticas foram realizadas com o uso do pacote ExpDes.pt do software R (R Core Team, 2021). Para a confecção da figura, foi utilizado o software SigmaPlot 15.0."

## Resultados e discussão

Os tratamentos que se destacaram são controle, *B. japonicum* (BJ), *A. brasilense* (Ab), *P. fluorescens*, (Pf), Bj mais vesículas de membranas extracelular (VME) Ab mais VME, Pf mais VME e Bj mais Ab mais VME na produtividade grãos. Os tratamentos que destacaram na produtividade de grãos foram BJ, Pf, BJ mais VME e Ab mais VME em relação o controle. Estes tratamentos obtiveram 3, 12, 5, 1 e 4,5 % a mais na produtividade de grãos em relação a testemunha respectivamente. E ocorreu a redução da produtividade do experimento pelo estresse hídrico ocorrido durante o enchimento de grãos (Figura 2). De maneira geral as quando as bactérias de diferentes gêneros passa por estresse hídrico tende afetar de maneira geral o número e massa de nódulos e produtividade de grãos (Silva et al., 2019; Ciampitti et al., 2021; Cerezini et al., 2016).



**Figura 2.** Produtividade de grãos. UFSM, Santa Maria (RS), safra 2023/2024.

O tratamento testemunha se destacou na produtividade, o que não era esperado. Uma hipótese é que no local é área de plantio direto, e tem presença de bactérias, pois há 5 anos ocorre inoculação com *B. japonicum*, existindo uma população com uma concentração  $1,0 \times 10^3$  UFC/g de solo. Em bactéria *B. japonicum* produz nódulos podem ter reflexos na produtividade pela FBN. Quando usa a coinoculação de *Bradyrhizobium* mais outras bactérias promotoras de crescimento tende a aumentar número de nódulos, (Zeffa et al., 2020). Que comentado anteriormente isto contribui para a produtividade de grãos.

Os tratamentos *B. japonicum* mais VME, *A. brasilense* mais VME, *P. fluorescens* mais VME e *B. japonicum* mais *A. brasilense* mais VME, se destacaram na produtividade de grãos (Figura 2). São encontradas na literatura várias pesquisas que comprovam os benefícios da utilização de *A. brasilense*, *P. fluorescens*, e o uso de *B. Japonicum* mais *A. brasilense* na cultura da soja. Os benefícios destas bactérias comentadas anteriormente se dão pela sua produção de hormônios, entre elas alguma bactéria até mesmo ajuda solubilizar fósforo (Silva et al., 2019; Cassán, et al., 2009; Castaldi et al., 2021; Zeffa et al., 2020). A adição de membrana de vesículas de origem de *B. Japonicum* pode ter contribuído na produtividade de grãos. As membranas de vesículas de origem de *B. japonicum*, passam por vários processos de laboratório que liberam aminoácidos, lipídios, enzimas, polissacarídeo (Carrion et al., 1990). Então, com isto tudo comentado sobre as vesículas anteriormente, pode ter potencializados os efeitos das BPCP, em der aumentando a produtividade de grãos da cultura.

## Conclusões

Os tratamentos que se destacaram foram *B. japonicum* (BJ), *A. brasilense* (Ab), *P. fluorescens*, (Pf), Bj + VME, Ab + VME, Pf mais VME e Bj + Ab + VME na produtividade grãos. Pois estas VME possui um grande potencial futuramente a ser usado na cultura da soja como inoculante de vesículas de membranas extracelular.

## Referências

AKBAR, A. et al., Methodologies to Isolate and Purify Clinical Grade

Extracellular Vesicles for Medical Applications. **Cells**, v. 11, n. 2, p. 186, 2022.

CARRION, M. et al., Isolation and characterization of the lipopolysaccharides from *Bradyrhizobium japonicum*. **Journal of Bacteriology**, v. 172, n. 4, p. 1725-1731, 1990.

CASSÁN, F. et al., *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). **European Journal of soil biology**, v. 45, n. 1, p. 28-35, 2009.

CASTALDI, S. et al., *Pseudomonas fluorescens* showing antifungal activity against *Macrophomina phaseolina*, a severe pathogenic fungus of soybean, produces phenazine as the main active metabolite. **Biomolecules**, v. 11, n. 11, p. 1728, 2021.

CEREZINI, P. et al., Strategies to promote early nodulation in soybean under drought. **Field Crops Research**, v. 196, p. 160-167, 2016.

CIAMPITTI, I. A. et al., Revisiting biological nitrogen fixation dynamics in soybeans. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 727021, 2021.

Conab - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. 12º Levantamento - Safra 2023/24b. Disponível: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em 08 out. 2024.

KLIMENTOVÁ, J.; STULÍK, J. Methods of isolation and purification of outer membrane vesicles from gram-negative bacteria. **Microbiological Research**, v. 170, p. 1-9, 2015.

R CORE TEAM. R: Uma linguagem e ambiente para computação estatística. R Foundation for Statistical Computing, Austria. 2021 Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em 12 set. 2023.

SILVA, E. R. et al., Can co-inoculation of *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* alleviate adverse effects of drought stress on soybean (*Glycine max* L. Merrill.)?. **Archives of Microbiology**, v. 201, p. 325-335, 2019.

ZEFFA, D. M. et al., Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on co-inoculation with *Bradyrhizobium* in soybean crop: a meta-analysis of studies from 1987 to 2018. **PeerJ**, v. 8, p. e7905, 2020.



## **Viabilidade de microrganismos em diferentes pressões de pulverização em sistema de inoculação de sementes por gravidade**

Lucas Pedro Cipriani<sup>(1)</sup>, Lucas Nascimento Bum<sup>(2)</sup>, Edgar Salis Brasil Neto<sup>(2)</sup>, Lucas Pedroso Bilhalva<sup>(3)</sup> e Thomas Newton Martin <sup>(4\*)</sup>

<sup>(1)</sup> Estudante de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS <sup>(2)</sup> Estudante de doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria- RS. <sup>(3)</sup> Estudante de graduação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria- RS. <sup>(4)</sup> Professor Doutor Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria- RS. \*martin.ufsm@gmail.com

**Resumo** – Informações sobre a pressão de pulverização ainda são escassas ou divergentes para a maioria dos microrganismos utilizados na agricultura. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade de diferentes microrganismos submetidos a pressões de pulverização de até 4 bar, em um sistema de inoculação de sementes por gravidade. Foram testadas cinco faixas de pressão: 0, 1, 2, 3 e 4 bar, aplicadas a sete microrganismos distintos. Os resultados mostraram que *Cordyceps fumosorosea* e *Bacillus thuringiensis* não apresentaram alteração de viabilidade em função da pressão. Por outro lado, *Beauveria bassiana*, *Bradyrhizobium japonicum*, *Trichoderma harzianum*, *Metarhizium anisopliae* e *Priestia aryabhattai* tiveram sua viabilidade reduzida com o aumento da pressão de pulverização.

**Termos para indexação:** tecnologia de aplicação, microrganismos, sobrevivência.

## **Viability of microorganisms at different spraying pressures in a gravity seed inoculation system**

**Abstract** – Information regarding spray pressure effects is scarce or conflicting for most microorganisms used in agriculture. Therefore, this study aimed to evaluate the viability of different microorganisms subjected to spray pressures of up to 4 bar in a gravity-based seed inoculation system. Five pressure levels were tested: 0, 1, 2, 3, and 4 bar, applied to seven distinct microorganisms. The results showed that *Cordyceps fumosorosea* and *Bacillus thuringiensis* were not affected by pressure. In contrast, *Beauveria bassiana*, *Bradyrhizobium japonicum*, *Trichoderma harzianum*, *Metarhizium anisopliae*, and *Priestia aryabhattai* exhibited reduced viability as spray pressure increased.

**Index terms:** application technology, microorganisms, survival.

## **Introdução**

Bioinsumos podem ser considerados como produtos, processos ou tecnologias biológicas, que podem ser empregados na produção aquícola, agropecuária e florestal (Brasil, 2020). Esta categoria representa inoculantes,

biofertilizantes, biopesticidas e bioestimulantes (Borsari e Vieira, 2022). A adoção de bioinsumos tem aumentado gradativamente, para tanto, em 2024 foram entregues 206 milhões de doses de inoculantes (ANPIL, 2025).

Para atingir sucesso na pulverização tanto os produtos biológicos quanto químicos devem atentar para a tecnologia de aplicação deles. E para os produtos biológicos destaca-se a armazenagem, agitação da calda, formulação, adjuvantes e interação de produtos biológicos com os componentes hidráulicos (Oliveira et al., 2022).

Os microrganismos em bioinsumos são vertidos em tanques de sistemas de pulverização, onde entram em contato com válvulas, filtros, bombas e bicos de pulverização. No processo de pulverização são submetidos à pressões, as quais pressionam estes com os demais componentes hidráulicos até a passagem pelo bico de pulverização. Estudos indicaram que pressão de pulverização (Kumar et al., 2023a), diâmetro do bico de pulverização (Kumar et al., 2023b), volume de calda e tempo de recirculação da calda (Doruchowski et al., 2015) no sistema podem diminuir a viabilidade de microrganismos. Para tanto, a eficiência da pulverização com biológicos requer que os microrganismos atinjam o alvo biológico com células viáveis.

Desta forma, há necessidade de mais estudos que abordem a sobrevivência dos microrganismos submetidos a pressões de pulverização distintas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência na viabilidade dos microrganismos em diferentes pressões de pulverização.

## Material e métodos

O experimento consiste em delineamento bifatorial, do qual microrganismo e a pressão de pulverização são os fatores. Os microrganismos avaliados foram *Bacillus thuringiensis* (Seroar israelensis CCT2257), *Cordyceps fumosorosea* (CCT 5824), *Beauveria bassiana* (ATCC7159), *Bradyrhizobium japonicum* (BR 86 SEMIA 5079), *Trichoderma harzianum* (CCT 4565), *Metarhizium anisopliae* (CCT 7442) e *Priestia aryabhattai* (CBMAI1120). Enquanto, as pressões avaliadas se deram por 0, 1, 2, 3 e 4 bar.

O sistema de pulverização de inoculação de sementes por gravidade teve higienização com tríplex lavagem com água fervente, seguido por enxague com álcool 70° e água deionizada. Posteriormente, os bioinsumos com microrganismos agitados por 10 minutos eram vertidos no tanque de pulverização. As coletas das amostras ocorreram após fluxo de 1 minuto em pressão constante, cuja coleta ocorreu com 4 repetições por pressão. Para a pressão de 0 Bar, a coleta ocorreu dentro da embalagem.

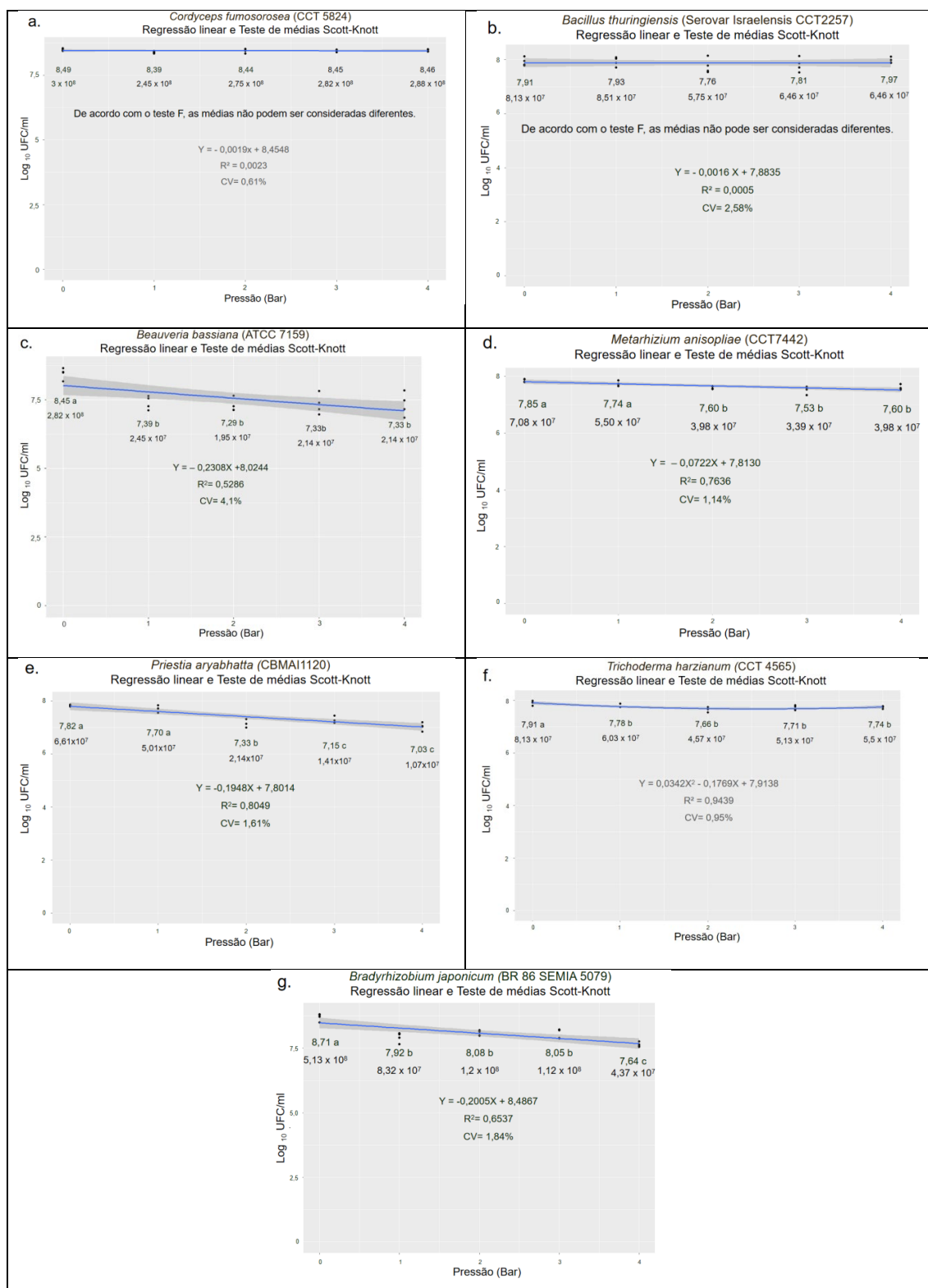
Em seguida, procedeu-se com análise pelo método de “Unidades Formadoras de Colônias” descrito por Ferreira, Nogueira e Hungria (2024). Os dados seguiram para serem submetidos a análise de variância de regressão linear, e teste de médias em Scott-Knott à 5% de probabilidade de erro. Para tanto, houve uso do software R 3.5.1 para a análise estatística e produção dos gráficos.

## Resultados e discussão

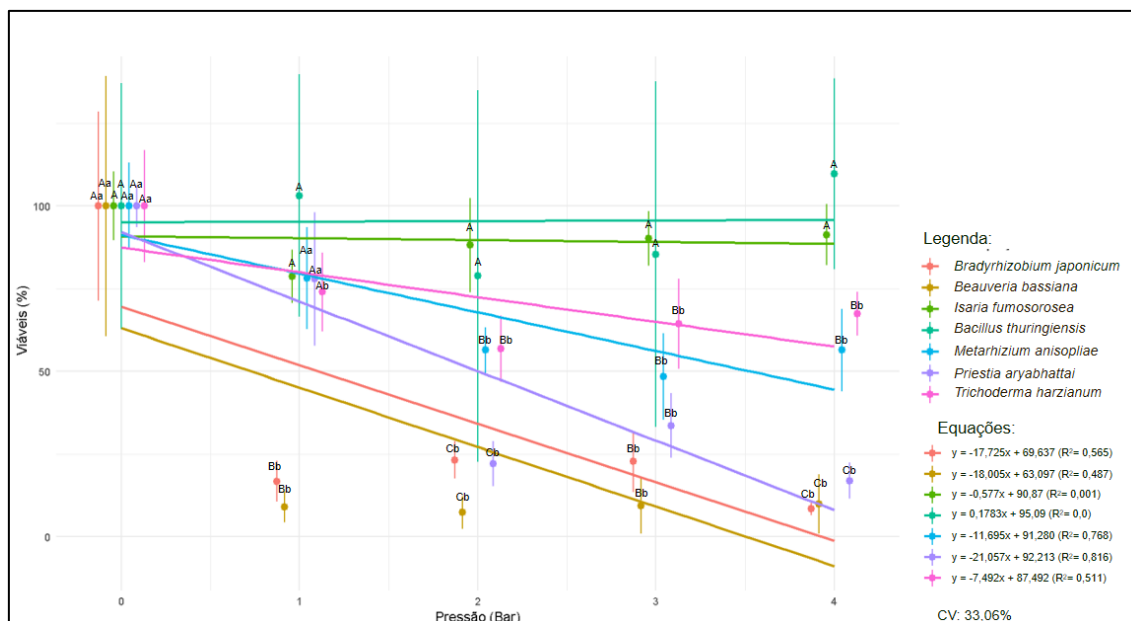
A partir dos dados foram produzidos gráficos de regressões lineares, cujo apenas *Trichoderma harzianum* apresentou equação quadrática. Enquanto, os demais apresentaram regressão linear (Figura 1).

*Bacillus thuringiensis* e *Cordyceps fumosorosea* não apresentaram diferença no teste F. E, os microrganismos *Beauveria bassiana*, *Bradyrhizobium japonicum*, *Trichoderma harzianum*, *Metarhizium anisopliae* e *Priestia aryabhattai* apresentaram efeito de pressão de pulverização, no qual observa-se a diminuição da viabilidade.

Na análise de viabilidade entre microrganismos (Figura 2), há formação de três grupos de médias do teste de Scott-Knott na pressão de 4 bar. Cujo grupo a com maior viabilidade correspondeu a *Bacillus thuringiensis* (109%) e *Cordyceps fumosorosea* (91%), seguido por grupo b com *Metarhizium anisopliae* (56%) e *Trichoderma harzianum* (67%), e grupo c composto por *Bradyrhizobium japonicum* (8%), *Beauveria bassiana* (9%) e *Priestia aryabhattai* (16%).



**Figura 1.** Gráfico de regressão linear com teste de médias Scott-Knott para  $\text{Log}_{10}\text{UFC/ml}$  em diferentes pressões de pulverização em sistema de inoculação de sementes por gravidade. a. *Cordyceps fumosorosea* (CCT 5824); b. *Bacillus thuringiensis* (Sero var israelensis CCT2257); c. *Beauveria bassiana* (ATCC7159); d. *Metarhizium anisopliae* (CCT 7442); e. *Priestia aryabhattai* (CBMAI1120); f. *Trichoderma harzianum* (CCT 4565); g. *Bradyrhizobium japonicum* (BR 86 SEMIA 5079). Área sombreada refere-se á zona de confiança, pontos são os dados da coleta e linha azul é a regressão linear.



**Figura 2.** Viabilidade dos microrganismos em diferentes pressões de pulverização em sistema de inoculação de sementes por gravidade com teste Scott-Knott para comparação entre microrganismos. \*Letras maiúsculas diferem microrganismos em grupo, e minúsculas para pressão de pulverização pelo teste de médias em Scott-Knott à 5% de probabilidade.

*Bacillus thuringiensis* e *Cordyceps fumosorosea* não apresentaram efeito para pressão, e os desvios padrões se mantiveram maiores em comparação aos outros microrganismos nas pressões de pulverização. Também se evidencia que a variação nos desvios padrão foi inversamente proporcional que a pressão. Este fato ocorreu em demais pesquisas relacionadas a pressão de pulverização de Garcia *et al.* (2005) e Kumar *et al.* (2023b).

*Metharizium anisopliae* e *Trichoderma harzianum* indicaram queda na viabilidade entre as pressões de 0 a 1 bar, e se mantiveram constantes. Estes microrganismos mantiveram viabilidade acima de 50% para pressão de 4 bar.

*Bradyrhizobium japonicum* e *Beauveria bassiana* demonstram maiores reduções em UFC/ml de 0 para 1 bar, correspondendo em 1 bar à 16 e 8% respectivamente. Enquanto, *Priestia aryabhattai* teve redução gradativa com aumento da pressão de pulverização.

Em experimentos de Sehsah e Belal (2012) indicaram que *B. thuringiensis* tiveram queda na viabilidade, em estudos com 1 a 2,5 bar. Outros trabalhos observaram que *B. thuringiensis* e *B. bassiana* registraram queda nas UFC, cujas análises tinham faixa de pressões de 1,45 a 4,45 bar (Kumar *et al.*, 2023b).

Enquanto também houve estudos *B. thuringiensis* e conídios de *Metarhizium anisopliae*, em que não apresentaram efeito para pressão de pulverização de 0 a 13790 bar (Garcia et al., 2005). Enfim, os dados quanto a viabilidade *Bacillus thuringiensis* são divergentes, esta pesquisa corrobora com o último em que a pressão não influencia em teste de UFC.

A metodologia de Unidade Formadora de Colônias/ml quantifica as unidades que são capazes de formar colônias. Assim, hifas, conídios, aglomerados de conídios ou outras estruturas de fungos podem originar colônias em meio de cultura (Pinto, Lucon, Bettiol; 2019). Para tanto, deve ser recomendado o método de conídios viáveis em fungos, o qual pode determinar o efeito da pressão em conídios de fungos para complementar os dados.

## Conclusões

Os microrganismos avaliados apresentaram respostas distintas à pressão de pulverização em sistema de inoculação de sementes por gravidade, nas faixas de 0 a 4 bar. *Cordyceps fumosorosea* e *Bacillus thuringiensis* mantiveram sua viabilidade independentemente da pressão aplicada, demonstrando tolerância ao estresse mecânico. Em contrapartida, *Beauveria bassiana*, *Bradyrhizobium japonicum*, *Trichoderma harzianum*, *Metarhizium anisopliae* e *Priestia aryabhattai* apresentaram redução significativa na viabilidade à medida que a pressão de pulverização aumentou.

## Referências

- ANPII. **Análise e estatísticas 2024**. Disponível em: <<https://anpiibio.org.br/estatisticas/>>. Acesso em 28 de junho de 2024.
- 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. **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. P.39-52.
- BRASIL. **Decreto no 10.375, de 26 de maio de 2020**. Institui o Programa Nacional de Bioinsumos. Diário Oficial da União, seção 1, edição 100, p. 105, 27 maio 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.375-de-26-de-maio-de-2020-258706480>>. Acesso em: 1 junho de 2025.
- FERREIRA, E.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. **Manual de análises de bioinsumos para uso agrícola: inoculantes**. Brasília, DF: Embrapa, 2024. 164p.

GARCIA, L. C. et al. Pressurização da calda de pulverização na viabilidade de microrganismos entomopatogênicos. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 783–790, 1 dez. 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000300025>

KUMAR, M.; MEHTA, C. R.; AGRAWAL, K. N.; TRIPATHI, M. K. Optimization of operating parameters for spraying microbial (*Bacillus thuringiensis* and *Beauveria bassiana*) based bio-pesticide solutions for foliar application.

**International Journal of Pest Management**. 1–13p. 2023b.

<https://doi.org/10.1080/09670874.2023.2213183>

KUMAR, M.; MEHTA, C.R.; BHARGAV, V.K.; TRIPATHI, M. K.; AGRAWAL, K. N.; BABU, V. B. Effect of Spray Operating Parameters on Viability of *Bacillus thuringiensis* Based Biopesticide Under Laboratory Condition. **Agricultural Research**. v.12. p.189–196. 2023a.<https://doi.org/10.1007/s40003-022-00639-2>

NILSSON, U.; GRIPWALL, E. Influence of application technique on the viability of the biological control agents *Verticillium lecanii* and *Steinernema feltiae*.

**Crop Protection**, Willoughby, v.18, n.3, p.53-9, 1999.

[https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(98\)00095-7](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(98)00095-7)

OLIVEIRA, R. B. de; ANTUNIASSI, U. R.; LOUREIRO, E. de S.; PESSOA, L. G. A.; BAIO, F. H. R. Tecnologia de aplicação foliar de bioinsumos. In: MEYER, M. C.; BUENO, A, de F.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da. **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. 107-126p.

PINTO, Z. V.; LUCON, C. M. M.; BETTIOL, W. Controle de qualidade de produtos biológicos à base de *Trichoderma*. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da. **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2019.

SEHSAH, E.; BELAL, E. Direct injection technique for bio-pesticide spray. **Misr Journal of Agricultural Engineering**, 29(3), pp. 875-892.

2012.DOI:10.21608/mjae.2012.101408

## **Desempenho da cultura da soja sob coinoculação de microrganismos em diferentes ambientes de cultivo no Rio Grande do Sul**

Lucas Nascimento Brum<sup>(1\*)</sup>, Edgar Salis Brasil <sup>(1)</sup>, Helena Ramos Pinto<sup>(2)</sup>, Jenifer Souza da Silva<sup>(2)</sup>, Fernando Sintra Fulaneti<sup>(1)</sup>, Laís de Paula Ribeiro<sup>(3)</sup>, Lucas Pedro Cipriani<sup>(3)</sup>, Guilherme Tuchtenhagen Macalin<sup>(2)</sup> e Thomas Newton Martin<sup>(4\*)</sup>

<sup>(1)</sup> Aluno de Doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. <sup>(2)</sup> Aluno de Graduação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. <sup>(3)</sup> Aluno de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. <sup>(4)</sup> Professor Pesquisador, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. (\*) lucasnascimentobrum@gmail.com

**Resumo** – A adição de bioinsumos é uma alternativa sustentável para aproveitar o potencial simbiótico da soja com microrganismos benéficos. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência dessa tecnologia em três sistemas de cultivo no Rio Grande do Sul, comparando tratamentos com e sem aplicação de microrganismos. Os experimentos analisaram variáveis relacionadas à nodulação, massa seca de parte aérea e raiz além da produtividade de grãos. A coinoculação mostrou-se mais eficaz em relação à testemunha nas seguintes variáveis: massa seca de raiz em V3 e massa seca da parte aérea em R2 no AMbI; massa seca de nódulos, cobertura do dossel da cultura em R2 e incremento na produtividade no AMbII; e aumento na massa seca e no número de nódulos em V3 no AMbIII. A coinoculação na cultura da soja proporcionou condições mais adequadas para o desenvolvimento da cultura em diferentes ambientes de cultivo e sob efeito do estresse hídrico.

**Termos para indexação:** *Bradyrhizobium japonicum*, bioinsumos, La Niña.

### **Performance of soybean cultivation under microorganism co-inoculation in different cropping environments in Rio Grande do Sul**

**Abstract** – The addition of bioinputs is a sustainable alternative to harness the symbiotic potential of soybean with beneficial microorganisms. This study aimed to evaluate the efficiency of this technology in three cropping systems in Rio Grande do Sul, comparing treatments with and without microbial application. The experiments analyzed variables related to nodulation, shoot and root dry mass, and grain yield. Co-inoculation proved more effective than the control in the following variables: root dry mass at V3 and shoot dry mass at R2 in AMbI; nodule dry mass, canopy coverage at R2, and increased productivity in AMbII; and greater dry mass and number of nodules at V3 in AMbIII. Co-inoculation in soybean cultivation provided more favorable conditions for crop development across different growing environments, even under water stress conditions.

**Index terms:** *Bradyrhizobium japonicum*, bioinputs, La Niña.



## Introdução

Nas últimas cinco décadas, a população mundial exponencialmente, ultrapassando a marca de 8 bilhões de pessoas em 2023. As projeções indicam que, até 2050, esse número poderá atingir 9,7 bilhões (World Health Organisation e Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022). Diante desse cenário, torna-se essencial que a produção agrícola seja capaz de suprir a crescente demanda por alimentos, tanto em termos de qualidade quanto de quantidade (Tian et al., 2022).

Contudo, a exploração agrícola sem critérios traz inúmeros impactos ambientais e deterioração dos ambientes de cultivo, principalmente sob o impacto de eventos climáticos extremos como os desastres ambientais de maio de 2024 no Rio Grande do Sul e a ocorrência com maior frequência desses eventos. Esse cenário evidencia a necessidade de otimização do uso do solo, priorizando a utilização de manejos sustentáveis como a rotação de culturas associados à cobertura vegetal permanente. Tais estratégias contribuem para evitar a contaminação dos lençóis freáticos, perdas de solo e o uso excessivo de agroquímicos, assim favorecendo a diversidade e abundância da microbiota (Ray et al., 2020).

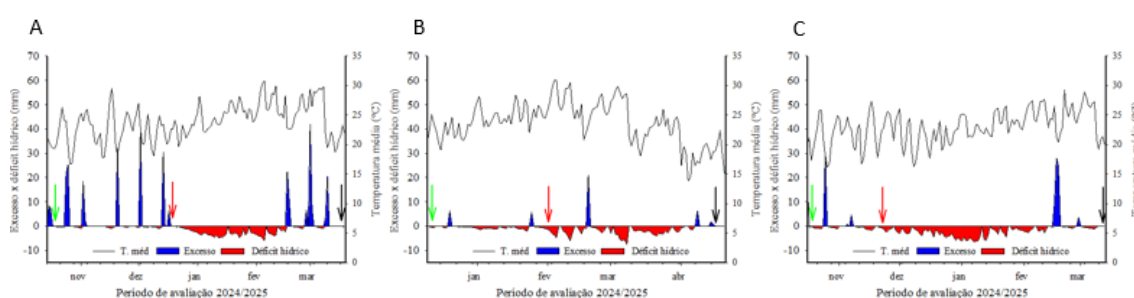
A microbiota do solo desempenha um papel essencial nos agroecossistemas, participando de ciclos biogeoquímicos, contribuindo em processos de desmineralização de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio e solubilização de fosfato. Além disso, a adição de bioinsumos na cultura da soja configura-se como uma alternativa mais sustentável para aproveitar a potencialidade simbiótica da planta com diversos microrganismos. Pesquisas recentes demonstram que técnicas de inoculação e coinoculação promovem uma série de benefícios para o aumento do potencial produtivo da soja. A atuação dos microrganismos auxilia na sanidade através do controle biológico de patógenos, controle de pragas e da promoção do crescimento radicular, entre outros (Martin et al., 2020; Ksiezak et al, 2022; Leite et al., 2023).

O objetivo desse estudo foi comparar os tratamentos com e sem a aplicação de microrganismos na cultura da soja em três diferentes sistemas de

cultivo no estado do Rio Grande do Sul e avaliar a sua eficiência na nodulação, massa seca de planta e produtividade de grãos.

## Material e métodos

Os experimentos foram conduzidos no ano agrícola de 2024/25 em três ambientes diferentes contemplando diferentes relações de sucessão/rotação de culturas e sistemas de cultivo da soja sendo eles: (AMbI) Área didática experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, caracterizada por plantio direto consolidado com rotação de culturas, aplicação anual de bioinsumos e uso de mix de culturas forrageiras como antecessoras; (AMbII) Área experimental localizada em propriedade rural na Esquina Palmeiro, município de Santiago-RS, com sistema de cultivo mínimo, recente mobilização do solo por meio de gradagem pesada, ausência de histórico de aplicação de microrganismos e semeadura a lanço de aveia-preta como cultura antecessora; (AMbIII): Área experimental localizada em propriedade rural em Capão Alto, no município de Santa Bárbara do Sul-RS, com plantio direto consolidado, irrigação por pivô central, aplicação anual de microrganismos e cultivo de trigo como cultura antecessora. O ano do estudo foi caracterizado por incidência do fenômeno La Niña (Figura 1).



**Figura 1.** Balanço hídrico e temperatura média diária nos AMbI (A), AMbII (B) e AMbIII (C). As setas indicam a semeadura (verde), florescimento (vermelho) e colheita (preto).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com dez repetições. O tamanho de cada unidade experimental foi ajustado conforme as condições tecnológicas específicas de cada local. A escala fenológica utilizada para a determinação dos estádios de desenvolvimento da cultura foi a proposta

por Fehr & Caviness (1977). Os tratamentos consistiram em: (i) inoculação com microrganismos e (ii) testemunha sem inoculação.

A aplicação dos microrganismos foi realizada no momento da semeadura da soja, sendo feita no sulco de semeadura nas áreas AMbI e AMbIII, e diretamente sobre a semente na área AMbII. Houve reaplicação em cobertura nos estádios fenológicos V3 e R2. Foram utilizadas as seguintes cepas microbianas: *Bradyrhizobium japonicum* ( $2 \times 10^{10}$  UFC), *Azospirillum brasilense* ( $2 \times 10^{10}$  UFC), *Bacillus aryabhattai* ( $2 \times 10^{10}$  UFC) e *Bacillus megaterium* ( $2 \times 10^{10}$  UFC).

Nos estágios V3 e R2 foram avaliados os parâmetros de planta obtidos por meio da coleta de seis plantas de soja por unidade experimental, retiradas nas três linhas centrais de semeadura. Nessas amostras foram determinadas a massa seca de parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR), além da contagem (NN) e da estimativa da massa seca de nódulos (MSN) por planta. As estimativas foram realizadas após a lavagem das raízes, seguida da separação dos nódulos e secagem das amostras em estufa a 60° C até atingirem massa constante. Nesses mesmos estágios também foram realizadas avaliações da cobertura do dossel (Canop) utilizando o aplicativo Canopeu®. No estágio R8, procedeu-se à colheita das plantas. As amostras foram trilhadas, limpas e pesadas, com aferição do teor de umidade e correção para 13%, com o intuito de se obter a produtividade de grãos (PG).

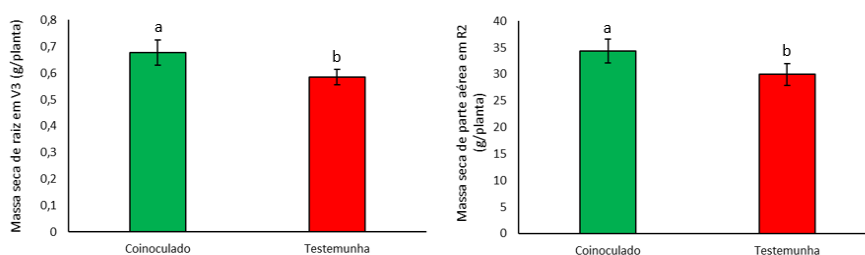
Para a análise estatística, os diferentes ambientes foram considerados de forma independente, sendo analisados separadamente. Os valores das variáveis de resposta foram submetidos à análise de variância (teste F), a fim de avaliar as fontes de variação e verificar a existência de diferenças significativas entre os tratamentos. As análises estatísticas foram realizadas no software R (R Core Team, 2023), e os gráficos foram confeccionados no Microsoft Excel®.

## Resultados e discussão

As condições climáticas afetaram diretamente a PG da soja em dois dos três ambientes avaliados (Figura 1). Nos AMbI e AMbII, as médias de produtividade obtidas foram de 1385 e 2644 kg/ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Já no

AMbIII, a utilização da irrigação durante o período de maior efeito da estiagem contribuiu para o aumento na PG atingindo 3881 Kg/ha<sup>-1</sup>. Mesmo com a ocorrência do fenômeno La Niña, que causou um déficit hídrico de aproximadamente 70 dias nas áreas do experimento, foi possível observar o efeito dos tratamentos nos diferentes ambientes.

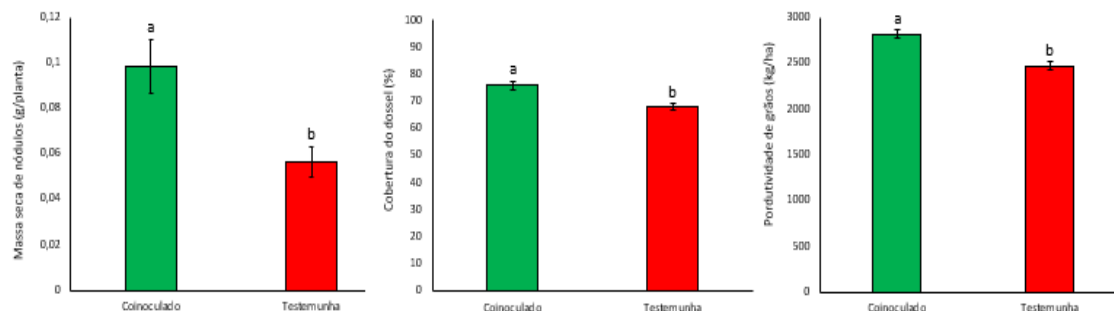
No AMbI, o tratamento com coinoculação de microrganismos demonstrou maior eficiência em relação à testemunha sem inoculação nas variáveis MSR em V3 e MSPA em R2 (Figura 2). A coinoculação proporcionou um acréscimo de 7,3 e 6,9% nas respectivas médias dessas variáveis. Esses resultados provavelmente estão relacionados ao período em que a estiagem afetou a cultura (45 dias após a germinação), entre os meses de dezembro e fevereiro (Figura 1A). Nesse intervalo a soja se encontrava entre os estádios R1 e R5. Ainda assim, a utilização dos bioinsumos contribuiu para um melhor desempenho da cultura, devido ao maior acúmulo de MSR em V3 o que provavelmente favoreceu a absorção de nutrientes e, conseqüentemente, maior resiliência durante os períodos de déficit hídrico. Isso também pode estar relacionado ao aumento de MSPA em R2, uma vez que a planta estava sob período de estresse e foi condicionada a um melhor aproveitamento dos nutrientes absorvidos e dos fotoassimilados.



**Figura 2.** Massa seca de raiz em V3 e massa seca de parte aérea em R2 com e sem a coinoculação com microrganismos. Santa Maria, RS.

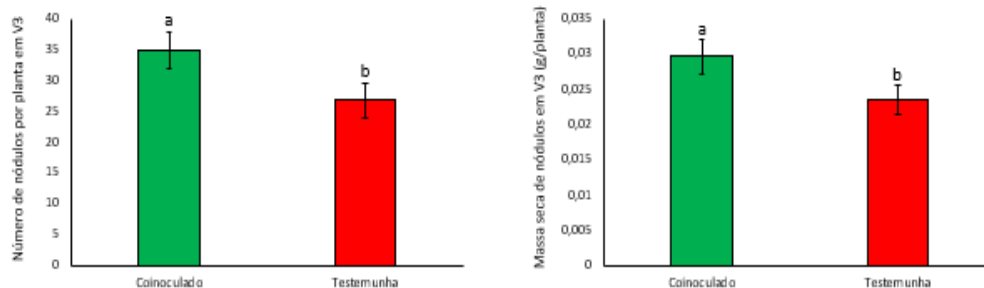
A pluviosidade foi favorável ao estabelecimento da cultura nessa área e, além disso, o histórico sem uso prévio de bioinsumos em outras safras pode ter favorecido a colonização inicial e a simbiose com a planta pelos microrganismos. No entanto, após 20 dias da emergência das plântulas, ocorreu um período de déficit hídrico que prejudicou drasticamente o desenvolvimento vegetativo da soja, afetando sua capacidade de desenvolvimento estruturas como caules e folhas além do acúmulo de reservas. Chuvas pontuais entre os meses de janeiro

e fevereiro auxiliaram na recuperação da cultura. Assim, a aplicação dos microrganismos em V3 e, principalmente, em R2, possivelmente contribuiu para que a planta apresentasse maior capacidade de restabelecimento, resultando em uma maior produção de nódulos radiculares maiores e maior cobertura de dossel por parte da cultura e, conseqüentemente no aumento da PG.



**Figura 3.** Massa seca de nódulos em R2, cobertura de dossel e produtividade de grãos com e sem a coinoculação com microrganismos. Santiago, RS.

Os resultados para o AMbIII seguiram a tendência favorável à aplicação de microrganismos nas variáveis ND e MSN em V3, com o acréscimo médio de oito nódulos por planta e 11,5% na massa desses nódulos (Figura 4). A eficiência na nodulação pode estar relacionada ao modo de aplicação e às condições ambientais do local. A área é caracterizada por plantio direto estabilizado há vários anos e, além disso, a aplicação de bioinsumos é realizada anualmente. Ainda que seja recomendada a aplicação a cada safra, as condições edáficas favorecem a sobrevivência e multiplicação de bactérias fixadoras de nitrogênio, como *Bradyrhizobium japonicum*, e promotoras de crescimento radicular, como *Azospirillum brasiliensis* e os *Bacillus* spp. Assim, a aplicação desses microrganismos no período do experimento, nesse ambiente, pode não ter promovido efeitos significativos na produtividade dos tratamentos com bioinsumos. No entanto, a inoculação dos microrganismos resultou em maior número e massa de nódulos em V3 (período inicial da nodulação), indicando o efeito da coinoculação da semente e no sulco de semeadura.



**Figura 4.** Número de nódulos e massa seca de nódulos em V3 com e sem a coinoculação com microrganismos. Santa Bárbara do Sul, RS.

### Conclusões

1. A coinoculação com cepas de *Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum brasilensis* e *Bacillus* spp. proporcionou maior massa de raiz em V3 e de parte aérea em R2 na cultura da soja, sob condições de déficit hídrico, em um ambiente com aplicações anuais de microrganismos.
2. A coinoculação também teve efeito positivo sobre a massa seca de nódulos em R2, o aumento da cobertura do dossel da cultura em R2 e o incremento na produtividade de grãos da cultura da soja, em área com revolvimento recente do solo e sem histórico de aplicação de microrganismos, sob estresse hídrico.
3. A aplicação dos bioinsumos promoveu o aumento no número e na massa seca de nódulos em V3 em uma área irrigada de soja, sob plantio direto e com histórico de aplicação anual de microrganismos.

### Referências

- FEHR, W. R.; CAVINESS, C.E. Stages of soybean development Ames: **Iowa State University**, 1977. 12p. (Special Report, 80).
- KSIEŻAK, J.; BOJARSZCZUK, J. The effect of mineral N fertilization and *Bradyrhizobium japonicum* seed inoculation on productivity of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **Agriculture**, v. 12, n. 1, p. 110, 2022. DOI: 10.3390/agriculture12010110.
- LEITE, R. C.; HUNGRIA, M.; LEITE, R. C.; ÁVILA, W. S.; SILVA, G. B. Co-inoculation of soybean with *Bradyrhizobium* spp. and Amazonian strains of *Trichoderma asperellum* and *Bacillus amyloliquefaciens* increases the productivity and profitability of the crop. **Crop Science**, v. 64, n. 1, p. 422-441, 2024. DOI: 10.1002/csc2.21091
- MARTIN, T. N.; VEY R. T.; VIEIRA, F. C. B.; JACQUES, R. J. S.; FERREIRA, M. M. How did the coinoculation of *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* become indispensable for soybean production in Brazil?. **Symbiosis**, v. 91, n. 1, p. 119-137, 2023. DOI:10.1007/s13199-023-00951-7

R Core Team. 2023 R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria.

RAY, P.; CRAVEN, K. D. *Sebacina vermifera*: a unique root symbiont with vast agronomic potential. **World J Microbiol Bio technol** 32:1–10, 2016. DOI: 10.1007/s11274-015-1970-7

TIAN, F.; WU, B.; ZENG, H.; WATMOUGH, G. R.; ZHANG, M.; LI, Y. Detecting the linkage between arable land use and poverty using machine learning methods at global perspective. **Geography Sustain.** 3, 7–20, 2022. DOI: 10.1016/j.geosus.2022.01.001.

WORLD HEALTH ORGANISATION, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Global situation of pesticide management in agriculture and public health: report of a 2018 WHO-FAO survey. **World Health Organization**, 2019.

## Bactérias promotoras de crescimento na coinoculação na cultura da soja

Fernando Sintra Fulaneti<sup>(1)</sup>, Edgar Salis Brasil Neto<sup>(1\*)</sup>, Matheus Martins Ferreira<sup>(2)</sup>, Rosana Taschett Vey<sup>(3)</sup>, Frederico Costa Beber Vieira<sup>(4)</sup>, Gerusa Massuquini Conceição<sup>(5)</sup>, Rafaella Boemo Mario<sup>(1)</sup>, Victoria Chaves Valdovino<sup>(1)</sup> e Thomas Newton Martin<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Estudante de doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, Brasil. <sup>(2)</sup> Instituto Federal de Rondônia - IFRO campus Colorado do Oeste, BR 435, km 63, Zona Rural, 76.993-0000, Brasil. <sup>(3)</sup> CEO, Inocular Soluções Agrícolas, Av. Oy Pavão, 715, Santa Maria, RS, Brasil, 97110-560 <sup>(4)</sup> Universidade Federal do Pampa, Campus São Gabriel, Rua Aluísio Barros Macedo, s/n, BR 290, km 423, São Gabriel, RS 97300-970, Brasil. <sup>(5)</sup> Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Rua do Comércio, 3000, Ijuí, RS, Brasil, 98700-000.

(\*) edgarbrasilneto@yahoo.com.br.

**Resumo** – As bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) desempenham papel fundamental na sustentabilidade da produção agrícola, especialmente na cultura da soja. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar diferentes opções de coinoculação de bactérias visando à promoção da produtividade de grãos de soja. Os experimentos foram conduzidos em delineamento em blocos ao acaso, com oito tratamentos: (i) testemunha, sem aplicação de microrganismos; (ii) *Bradyrhizobium japonicum* (Bj); (iii) Bj + *Azospirillum brasilense* (Ab); (iv) Bj + *Bacillus aryabhattai* (Ba); (v) Bj + *Bacillus megaterium* (Bm); (vi) Bj + Biobokashi (Bi); (vii) Bj + *Pseudomonas fluorescens* (Pf); (viii) Bj + Ab + Ba + Bm + Bi + Pf (coinoculação múltipla). A variável analisada foi a produtividade de grãos de soja. Os resultados demonstraram que, nos dois anos de avaliação, os tratamentos que promoveram os maiores incrementos de produtividade foram aqueles com a coinoculação de *B. japonicum* + *B. megaterium* e *B. japonicum* + *P. fluorescens*. Esses resultados indicam o potencial dessas combinações na promoção do crescimento e rendimento da cultura da soja, destacando sua aplicabilidade em sistemas de produção sustentáveis.

**Termos para indexação:** *Glycine max* L., pulverização no sulco e parte aérea, microrganismos.

## The use of growth-promoting bacteria in co-inoculation in soybean crops

**Abstract** – Plant growth-promoting bacteria (PGPB) play a crucial role in the sustainability of agricultural production, particularly in soybean cultivation. In this context, the present study aimed to evaluate different bacterial co-inoculation strategies to enhance soybean grain yield. The experiments were conducted using a randomized block design with eight treatments: (i) control, without microbial application; (ii) *Bradyrhizobium japonicum* (Bj); (iii) Bj + *Azospirillum brasilense* (Ab); (iv) Bj + *Bacillus aryabhattai* (Ba); (v) Bj + *Bacillus megaterium* (Bm); (vi) Bj + Biobokashi (Bi); (vii) Bj + *Pseudomonas fluorescens* (Pf); (viii) Bj +



Ab + Ba + Bm + Bi + Pf (multiple co-inoculation). The variable evaluated was soybean grain yield. Results from both years of the study showed that the treatments with co-inoculation of *B. japonicum* + *B. megaterium* and *B. japonicum* + *P. fluorescens* led to the highest yield increases. These findings highlight the potential of these microbial combinations to enhance soybean growth and productivity, underscoring their applicability in sustainable production systems.

**Index terms:** *Glycine max* L., spraying in the furrow and aerial part, microorganisms.

## Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é atualmente uma das principais *commodities* agrícolas, com a produção mundial de 353 milhões de toneladas. O Brasil é o maior produtor mundial de soja e na última safra produziu 130 milhões de toneladas de grãos (Usda, 2022). Os grãos de soja possuem uma grande variabilidade de uso tanto na alimentação animal e humana quanto no setor industrial. A intensa utilização mundial de agrotóxicos e adubos minerais pode proporcionar contaminações das águas subsuperficiais, degradação de solos, alteração da flora e fauna de áreas circundantes, esgotamento de recursos minerais não renováveis (petróleo e rochas fosfatadas), dentre outros. Além disso, a intensa carga de adubos minerais e agrotóxicos altera quimicamente o solo, reduzindo o seu pH (Neina, 2019), e consequentemente comprometendo a produtividade das culturas.

Para minimizar os problemas anteriormente destacados, deve-se realizar um conjunto de manejos de forma sustentável. Além das ações para melhorias químicas e físicas do solo, a parte microbiológica da rizosfera deve evoluir (Backer et al., 2018). Consequentemente, amplia-se a sustentabilidade ambiental, econômica e social. A utilização de bactérias promotoras de crescimento (BPCP) e fixadoras de nitrogênio, pode ser realizada via inoculação de sementes, pulverização no sulco de semeadura e em alguns casos, em pulverizações foliares (Mahmood et al., 2016). Dentre as novas tecnologias, a coinoculação visa utilizar dois ou mais microrganismos com objetivos específicos, ampliando as vantagens em relação a utilização individual dos microrganismos (Santos et al., 2019). As principais bactérias em uso na cultura da soja são o *Bradyrhizobium* sp., *Azospirillum* sp, *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus*

*megaterium* e *Pseudomonas fluorescens*. Outra tecnologia é a utilização do *Biobokashi*, que aumenta a diversidade das bactérias no solo (Olle, 2021).

A coinoculação de *B. japonicum* e *B. diazoefficiens* via sementes, mais a pulverização foliar no estágio V<sub>3</sub> com *B. subtilis*, apresentou maior produtividade de grãos em relação a coinoculação padrão nas sementes (Moretti et al., 2020). Através destas pesquisas, percebe-se a importância de introduzir novas bactérias na agricultura, utilizando diferentes métodos de aplicação na cultura da soja. Com isso, objetivou-se avaliar opções de bactérias para a coinoculação na produtividade de grãos de soja.

## Material e métodos

Foram realizados dois experimentos, nas safras 2020/21 e 2021/22. O primeiro foi semeado em 17/11/2020 e o segundo 1/11/2021. Ambos foram conduzidos na área experimental pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), localizada nas coordenadas geográficas 29°43' de latitude sul e 53°44' de longitude oeste e 103 metros de altitude. O solo do local é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico. As características físico-químicas do solo estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Análise físico-química do solo do primeiro e segundo experimento. UFSM, Santa Maria (RS).

Ano 2020										
Camada (cm)	pH	MO -----%	Argila	P -----mg /dm <sup>3</sup> -----	K -----mg /dm <sup>3</sup> -----	S -----mg /dm <sup>3</sup> -----	Ca --cmolc /dm <sup>3</sup> --	Mg --cmolc /dm <sup>3</sup> --	m -----%	V -----%
0-20	5,6	2,1	23	12,9	52,0	20,9	5,2	2,1	0,0	70,6
Ano 2021										
Camada (cm)	pH	MO -----%	Argila	P -----mg /dm <sup>3</sup> -----	K -----mg /dm <sup>3</sup> -----	S -----mg /dm <sup>3</sup> -----	Ca --cmolc /dm <sup>3</sup> --	Mg --cmolc /dm <sup>3</sup> --	m -----%	V -----%
0-10	5,8	2,7	16	52,4	180	13	6,7	2,8	0,0	73,9
10-20	5,0	1,5	23	12,4	64	14	4,1	1,9	6,9	44,2

pH= Potencial Hidrogeniônico, MO= Matéria orgânica, P= Fósforo, K= Potássio, S= Enxofre, Ca= Cálcio, Mg= Magnésio, m= Saturação por Alumínio e V= Saturação por bases.

A adubação dos experimentos foi realizada com 350 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 0-20-30, seguindo a recomendação de adubação para cultura da soja do Manual de Adubação e Calagem do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. A cultivar de soja utilizada nos experimentos foi NS 5959 IPRO, de ciclo precoce, crescimento

indeterminado, com 16 sementes  $m^{-1}$  linear e densidade final de plantas de 320.000 plantas  $ha^{-1}$ . O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso, em que os tratamentos foram distribuídos em um uni fatorial com o manejo de coinoculação (Tabela 2), com quatro repetições.

Os tratamentos consistiram na coinoculação de bactérias via sulco de semeadura, além de pulverizações aéreas nos estádios V<sub>4</sub> (quarto nó) e R<sub>2</sub> (floração plena), conforme a Tabela 2. A aplicação aérea das foi realizada com auxílio de um pulverizador costal elétrico, equipado de barra com quatro pontas de pulverização tipo cone vazio (TXR8001VK), regulado à 200 kPa de pressão e 150 L  $ha^{-1}$  de volume de calda.

Cada unidade experimental foi formada por cinco fileiras espaçadas 0,45 m entre si e o comprimento da parcela é de 7,25 m, totalizando 17,4 m<sup>2</sup>. No estágio fenológico R<sub>8</sub>, foi colhida e trilhada uma área útil de 6 m<sup>2</sup> de cada unidade experimental, para determinar a produtividade de grãos.

**Tabela 2.** Tratamentos aplicados em sulco de semeadura e em pulverizações foliares. UFSM, Santa Maria (RS), 2020/2021 e 2021/2022.

Tratamentos <sup>1:2</sup>	Coinoculação via sulco (L $ha^{-1}$ ) <sup>3</sup>	Pulverização em V <sub>4</sub> (L $ha^{-1}$ ) <sup>3</sup>	Pulverização em R <sub>2</sub> (L $ha^{-1}$ ) <sup>3</sup>
1 Testemunha	---	---	---
2 <i>Bradyrhizobium japonicum</i> (Bj)	2	2	2
3 Bj + <i>Azospirillum brasilense</i> (Ab)	2 + 1	2 + 1	2 + 1
4 Bj + <i>Bacillus aryabhattai</i> (Ba)	2 + 3	2 + 3	2 + 3
5 Bj + <i>Bacillus megaterium</i> (Bm)	2 + 3	2 + 3	2 + 3
6 Bj + <i>Biobokashi</i> (Bi)	2 + 3	2 + 3	2 + 3
7 Bj + <i>Pseudomonas fluorescens</i> (Pf)	2 + 2	2 + 2	2 + 2
8 Bj + Ab + Ba + Bm + Bi + Pf	2+1+3+3+3+2	2+1+3+3+3+2	2+1+3+3+3+2

<sup>1</sup> Volume de calda é de 50 L  $ha^{-1}$  para pulverização no sulco de semeadura. <sup>2</sup>A concentração das bactérias é de no mínimo 10<sup>9</sup> unidades formadoras de colônia por ml; <sup>3</sup>o volume de calda é de 150 l  $ha^{-1}$ .

Os resultados obtidos nas avaliações dos experimentos foram submetidos à análise de variância e as médias foram separadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. As análises estatísticas foram realizadas com o uso do pacote ExpDes.pt do software R (R Core Team, 2021).

## Resultados e discussão

Para a produtividade de grãos, verificou-se que a utilização da coinoculação com *B. japonicum* mais *B. megaterium*, *B. japonicum* mais

*Biobokashi* e *B. japonicum* mais *P. flourencens*, foram os que apresentaram maiores médias em relação a testemunha e a coinoculação padrão (*B. japonicum* mais *A. brasilense*), no ano 2020/21. O manejo intensivo da soja nas áreas de cultivo é uma tendência, fazendo com que as práticas de inoculação e coinoculação sejam associadas. Recentemente, com a produção *on farm* dos bioinsumos, os volumes e concentrações introduzidos nos sistemas são cada vez maiores. Com isso, é introduzida nos solos uma diversidade e uma alta carga de bactérias promotoras de crescimento e capazes de realizar a fixação biológica do Nitrogênio (FBN). Mesmo na testemunha, verificou-se a presença de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* ( $2,871 \times 10^4$  UFC g<sup>-1</sup> solo). As maiores produtividades de grãos foram verificadas nas coinoculações com *B. japonicum* mais *B. megaterium*, *B. japonicum* mais *Biobokashi* e *B. japonicum* mais *P. flourencens* (Tabela 3) ano 2020/21. Estes tratamentos apresentaram 2,5, 8,5 e 9,7% a mais na produtividade superiores a testemunha respectivamente.

**Tabela 3.** Média da produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>), da cultura da soja. UFSM, Santa Maria (RS), 2020/21 e 2021/22.

Experimentos safra	2020/21	2021/22
	PG	
Testemunha	3773,05b*	2887,29b
<i>Bradyrhizobium japonicum</i> (Bj)	3409,23b	3419,66a
Bj + <i>Azospirillum brasilense</i> (Ab)	3707,60b	3384,70a
Bj + <i>Bacillus aryabhattai</i> (Ba)	3519,73b	3182,65a
Bj + <i>Bacillus megaterium</i> (Bm)	3870,08a	3216,84a
Bj + <i>Biobokashi</i> (Bi)	4097,19a	3033,95b
Bj + <i>Pseudomonas flourencens</i> (Pf)	4135,49a	3343,22a
Todos (Bj + Ab + Ba + Bm+ Bi + Pf)	3707,87b	3020,78b
Média geral	3777,53	3186,13

\*Letras minúsculas distintas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

Resultados semelhantes para combinação de *B. japonicum* mais *P. flourencens* foram encontrado por Argaw (2012), que observaram um aumento de produtividade de 36% em relação á testemunha. Outros autores também obtiveram resultados semelhantes 31% com a coinoculação de *bokashi* (Wijayanto et al., 2016). Não é possível indicar que apenas um fator seja a causa do aumento da produtividade de grãos utilizando esses microrganismos, pois, estas bactérias são classificadas como BPCP, e atuam na FBN ou na solubilização de fosfatos, na produção de metabólitos e disponibilização de outros nutrientes para o crescimento da soja (Aeron et al., 2020). Bactérias do

gênero *Pseudomonas* tem habilidade de solubilizar fósforo e fornecer, direta ou indiretamente, nutrientes e outras substâncias que beneficiam o crescimento da planta (Elhaisoufi et al., 2021), favorecendo a produção de grãos.

Os tratamentos que se destacaram na produtividade de grãos, nos dois anos agrícolas (Tabela 3), foram *B. japonicum* mais *B. megaterium* e *B. japonicum* mais *P. flourencens*. No ano 2021/22, os tratamentos inoculação de *B. japonicum* e coinoculação de *B. japonicum* mais *A. brasilense*, *B. japonicum* mais *B. Aryabhata* também apresentaram efeito positivo na produtividade de grãos. Estes tratamentos apresentaram 18, 17, 10% a mais na produtividade, em comparação à testemunha, respectivamente. Bactérias do gênero *Bradyrhizobium* são responsáveis pela formação de nódulos radiculares em leguminosas e estes nódulos são responsáveis pela FBN (Ormeño-orrillo; Martínez-romero, 2019), e a isto se deve o tratamento inoculação de *B. japonicum* ter se destacado na produção de grãos. O principal modo de ação de bactérias do gênero *Azospirillum* é a produção dos fitohormônios, que tem efeito no crescimento vegetal (Cassán; Diaz-zorita, 2016), contribuindo para a produção de grãos. Segundo Zeffa et al. (2020), quando se usa *Bradyrhizobium* em coinoculação com outras BPCP, como bactérias dos gêneros *Azospirillum*, *Bacillus* e *Pseudomonas*, é favorecido o desenvolvimento da planta, contribuindo para o aumento da produtividade de grãos. Ao se realizar a inoculação de *A. brasilense* nas folhas, é feito um reconhecimento de células a células, culminando na colonização das folhas, acarretando a biosíntese de ácido indol-3-acético, que promove crescimento da planta. A inoculação via foliar das plantas induz uma sinalização sistêmica que afeta positivamente os órgãos da planta (Puente et al., 2018). As demais bactérias podem ter um efeito semelhante.

## Conclusões

Os tratamentos que se destacaram na produtividade de grãos no experimento do ano 2020/21 foram *B. japonicum* + *B. megaterium* e *B. japonicum* + *P. flourencens*. Já no experimento 2021/22 os tratamentos que se destacaram foram *B. japonicum*, Bj + *A. brasilense*, Bj + *B. aryabhattai*, Bj + *B. megaterium* e Bj + *Pseudomonas flourencens*. Estes microrganismos têm grande potencial de

ser utilizados na agricultura em coinoculação via semente a parte aérea.

## Referências

- AERON, A. et al., Revisiting the plant growth-promoting rhizobacteria: lessons from the past and objectives for the future. **Archives of Microbiology**, v. 202, p. 665-676, 2020.
- ARGAW, A. Evaluation of co-inoculation of *Bradyrhizobium japonicum* and Phosphate solubilizing *Pseudomonas* spp. effect on soybean (*Glycine max* L. Merr.) in Assossa Area. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 14, n. 1, p. 213-224, 2012.
- BACKER, R. et al., Plant growth-promoting rhizobacteria: context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 1473, 2018.
- CASSÁN, F.; DIAZ-ZORITA, M. *Azospirillum* sp. in current agriculture: From the laboratory to the field. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 103, p. 117-130, 2016.
- ELHAISSOUFI, W. et al., Phosphate bacterial solubilization: a key rhizosphere driving force enabling higher P use efficiency and crop productivity. **Journal of Advanced Research**, v. 38, p. 13-28, 2022.
- MAHMOOD, A. et al., Seed biopriming with plant growth promoting rhizobacteria: a review. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 92, n. 8, p. 1-14, 2016.
- MORETTI, L. G. et al., Effects of growth-promoting bacteria on soybean root activity, plant development, and yield. **Agronomy Journal**, v. 112, n. 1, p. 418- 428, 2020.
- NEINA, D. The role of soil pH in plant nutrition and soil remediation. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2019, p. 1-9, 2019.
- OLLE, M. Bokashi technology as a promising technology for crop production in Europe. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 96, n. 2, p. 145- 152, 2021.
- ORMEÑO-ORRILLO, E. et al., Genomic basis of broad host range and environmental adaptability of *Rhizobium tropici* CIAT 899 and *Rhizobium* sp. PRF 81 which are used in inoculants for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **BMC Genomics**, v. 13, n. 1, p. 1-26, 2012.
- PUENTE, M. L. et al., The benefits of foliar inoculation with *Azospirillum brasilense* in soybean are explained by an auxin signaling model. **Symbiosis**, v. 76, p. 41-49, 2018.
- SANTOS, M. S. et al., Microbial inoculants: reviewing the past, discussing the present and previewing an outstanding future for the use of beneficial bacteria in agriculture. **AMB Express**, v. 9, n. 1, p. 1-22, 2019.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (Usda). World Agricultural Production, 2022. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2022.
- WIJAYANTO, T. et al., Agricultural wastes based–organic fertilizers Bokashi improve the growth and yield of Soybean (*Glycine max* L. Merrill). Indonésia. **International Journal of Agricultural Science**, v. 1, p. 27-32, 2016.
- ZEFFA, D. M. et al., Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on co-inoculation with *Bradyrhizobium* in soybean crop: a meta-analysis of studies from 1987 to 2018. **PeerJ**, v. 8, p. e7905, 2020.

## **Resposta da soja à inoculação via sementes com *Bradyrhizobium* spp. e vesículas de membrana externa**

Laís de Paula Ribeiro<sup>(1)</sup>, Helena Ramos Pinto<sup>(2)</sup>, Jenifer Souza da Silva<sup>(2)</sup>,  
Lucas Nascimento Brum<sup>(3)</sup>, Edgar Salis Brasil Neto<sup>(3)</sup>, Fernando Sintra  
Fulaneti<sup>(3)</sup> e Thomas Newton Martin<sup>(4\*)</sup>

<sup>(1)</sup> Aluno de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. <sup>(2)</sup>

Aluno de Graduação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. <sup>(3)</sup>

Aluno de Doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. <sup>(4)</sup>

Professor Pesquisador, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

<sup>(\*)</sup> martin.ufsm@gmail.com

**Resumo** – O aumento da demanda global por alimentos exige práticas agrícolas mais eficientes e sustentáveis. Este estudo avaliou o efeito da inoculação de *Bradyrhizobium diazoefficiens* e *Bradyrhizobium japonicum*, com e sem vesículas de membrana externa (VMEs), na produtividade de grãos de soja em uma área de várzea, na safra 2024/25, em Santa Maria - RS. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso com quatro repetições. O uso de VME proporcionou incremento de produtividade de até 21,7% em relação à testemunha. A aplicação de VME, isolada também resultou em ganhos produtivos, indicando efeito bioestimulante. Esses resultados reforçam o potencial do uso de bactérias eficientes e de vesículas de membrana externa (VMEs) como estratégias sustentáveis para o aumento da produtividade da soja, evidenciando-se como uma alternativa promissora para serem incorporadas aos bioinoculantes convencionais.

**Termos para indexação:** *Glycine max* L., fixação biológica do nitrogênio, bioinsumos, bactérias promotoras de crescimento.

## **Soybean productivity in response to seed inoculation with *Bradyrhizobium diazoefficiens* and *bradyrhizobium japonicum* with and without outer membrane vesicles**

**Abstract** – The increasing global demand for food requires more efficient and sustainable agricultural practices. This study evaluated the effect of seed inoculation with *Bradyrhizobium diazoefficiens* and *Bradyrhizobium japonicum*, with and without outer membrane vesicles (OMVs), on soybean grain yield in a lowland area during the 2024/25 growing season in Santa Maria, RS, Brazil. The experiment was conducted in a randomized block design with four replicates. The use of OMVs resulted in yield increases of up to 21.7% compared to the control. The application of OMVs alone also led to significant productivity gains, indicating a biostimulant effect. These results reinforce the potential use of efficient rhizobia and outer membrane vesicles as sustainable strategies to increase soybean productivity, highlighting their promise as an alternative to be incorporated into conventional bioinoculants.

**Index terms:** *Glycine max* L., biological nitrogen fixation, bioinputs, growth promoting bacteria.

## Introdução

A população mundial e a produção de alimentos não crescem na mesma proporção. A projeção para 2050 é de mais de 9,7 bilhões de pessoas no mundo (United Nations, 2022). Para atender essa demanda, a produtividade média das culturas deverá aumentar 2,4% ao ano (Ray et al., 2013). A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é um dos principais produtos agrícolas do mundo, destacando-se pelo seu elevado conteúdo de proteína e óleo, que possibilita sua aplicação em vários setores da agroindústria (Nguyen, 2018). Para ampliar a produção de grãos e atender à demanda global, é necessário adotar práticas mais eficientes, economicamente viáveis e com menor impacto ambiental.

Nitrogênio, fósforo e potássio são os principais nutrientes exigidos pelas culturas agrícolas. No entanto, a baixa capacidade de produção nacional torna o Brasil um grande importador de fertilizantes, aumentando a dependência do mercado externo (Pinheiro et al., 2022). Além disso, o uso inadequado desses insumos pode causar sérios impactos ambientais, como contaminação de águas por escoamento, lixiviação, volatilização e desnitrificação (Naser et al., 2020). Diante desse cenário, pesquisas têm buscado alternativas sustentáveis, como o uso de bioinsumos, que consistem em formulações com microrganismos vivos capazes de promover a sanidade e o crescimento das plantas.

Destacam-se, entre esses microrganismos, bactérias capazes de fixar nitrogênio, solubilizar fosfato, produzir fitohormônios e sideróforos, além de sintetizar compostos com atividade antibiótica, fungicida ou inseticidas, competindo ainda com patógenos (Wang et al., 2020). Rizobactérias que realizam a fixação biológica de nitrogênio (FBN) e as bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) secretam proteínas e metabólitos que são naturalmente encapsuladas por vesículas de membrana, que funcionam como sistemas de transporte e sinalização (Borrero de Acuña et al., 2021). Essas vesículas de membrana, produzidas por todas as bactérias, facilitam uma série de funções nas interações microrganismo-hospedeiro e na patogênese (Bitto et al., 2021).



Considerando a necessidade de elevar a produtividade da soja com menor custo e impacto ambiental, uma estratégia promissora é incorporar vesículas de membrana externa (VMEs) aos inoculantes, estimulando maior nodulação e crescimento da planta. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência do uso da inoculação de *Bradyrhizobium diazoefficiens* e *Bradyrhizobium japonicum* combinadas ou não com as VMEs na produtividade de grãos de soja, em uma área de várzea, na safra 2024/25, em Santa Maria - RS.

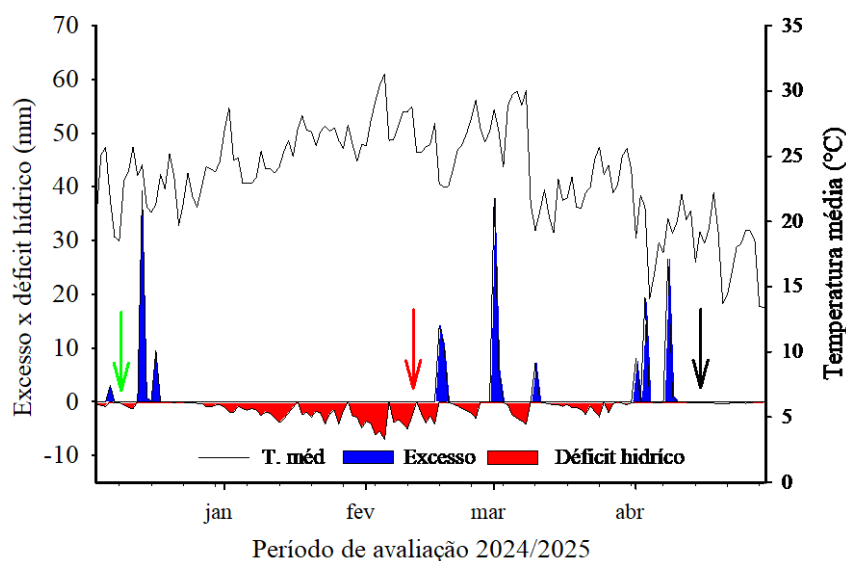
### Material e métodos

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2024/25, na área didático experimental de várzea do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). A semeadura foi realizada no dia 09/12/2024 e a colheita no dia 14/04/2025. Foi utilizada a cultivar de soja NEO 610 IPRO, de ciclo precoce, crescimento indeterminado pertencente ao grupo de maturação 6.1. A população final de plantas foi de 280.000 plantas ha<sup>-1</sup> e a adubação utilizada na semeadura foi de 350 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 0-28-20 (NPK). Os tratamentos consistiram na inoculação via semente de *Bradyrhizobium diazoefficiens* e *Bradyrhizobium japonicum* combinadas ou não com as vesículas de membrana externa e estão descritos na (Tabela 1). O ano de estudo foi caracterizado pela ocorrência do fenômeno La Niña (Figura 1).

**Tabela 1.** Descrição dos tratamentos com aplicação de inoculantes via sementes. UFSM/Santa Maria/RS, 2024/25.

Tratamentos <sup>1</sup>	Inoculação via semente (ml/kg)
1 - Testemunha sem inoculação	-
2 - <i>Bradyrhizobium diazoefficiens</i> com vesícula (Bd + VME)	1+0,03
3 - <i>Bradyrhizobium diazoefficiens</i> sem vesícula (Bd sem VME)	1
4 - <i>Bradyrhizobium japonicum</i> com vesícula (Bj + VME)	1+0,03
5 - <i>Bradyrhizobium japonicum</i> sem vesícula (Bj sem VME)	1
6 - Vesícula (VME)	0,03

<sup>1</sup>A concentração das bactérias é de no mínimo 10<sup>9</sup> unidades formadoras de colônia por ml.



**Figura 1.** Balanço hídrico e temperatura média diária durante o ano agrícola de 2024/2025. As setas indicam a semeadura (verde) e colheita (preta). UFSM, Santa Maria (RS).

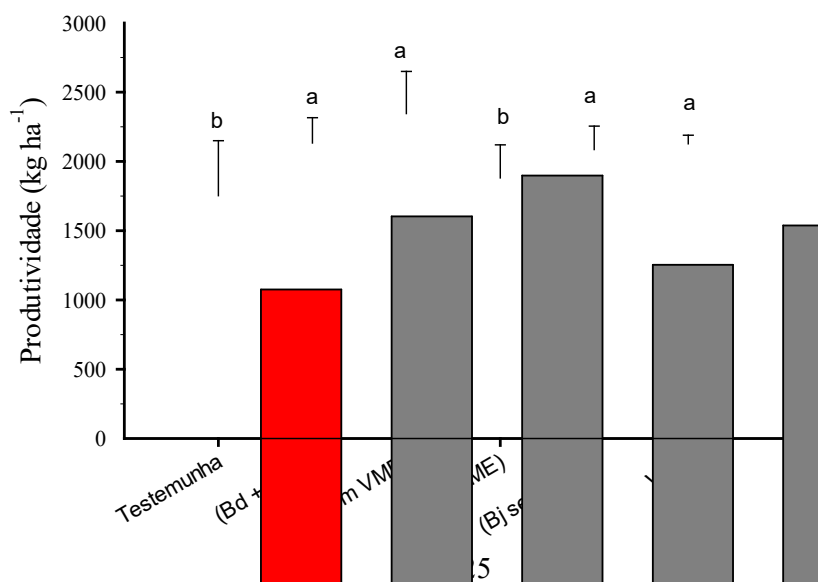
O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições. A escala fenológica usada para determinar os estádios de desenvolvimento da cultura foi a de Fehr & Caviness (1977). Cada unidade experimental foi formada por cinco fileiras espaçadas 0,45 m entre si e o comprimento da parcela 7,25 m, totalizando 17,44 m<sup>2</sup>. No estágio fenológico R<sub>8</sub> as amostras foram trilhadas, limpas e pesadas, por fim o teor de umidade foi aferido e corrigido para 13% para determinar a produtividade de grãos.

Os resultados obtidos nas avaliações dos experimentos foram submetidos à análise de variância, e as médias foram separadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. As análises estatísticas foram realizadas com o uso do pacote ExpDes.pt do software R e para a confecção das figuras, foi utilizado o software SigmaPlot 15.0.

## Resultados e discussão

A média geral de produtividade de grãos do experimento foi de 2.054 kg ha<sup>-1</sup>. Observou-se excesso hídrico próximo à semeadura, seguido por um período reprodutivo (florescimento e enchimento de grãos) marcado por déficit hídrico severo, coincidindo com temperaturas elevadas (Figura 1). Esses fatores

climáticos podem ter limitado o potencial produtivo da cultura na região de Santa Maria. Apesar disso, foi possível observar efeito dos tratamentos aplicados. A produtividade de grãos de soja variou significativamente entre os tratamentos avaliados (Figura 2). A testemunha, que não recebeu inoculação nem aplicação de vesículas de membrana externa (VME), apresentou a menor média de produtividade, com  $1.752,82 \text{ kg ha}^{-1}$ . Entre os tratamentos com inoculação de *Bradyrhizobium diazoefficiens*, o maior valor médio foi observado no tratamento com Bd sem VME, alcançando  $2.346,07 \text{ kg ha}^{-1}$ , seguido por Bd + VME, com  $2.133,63 \text{ kg ha}^{-1}$ . Ambos apresentaram aumento expressivo de produtividade em comparação à testemunha (33,9% e 21,7%). Os tratamentos com *Bradyrhizobium japonicum* apresentaram produtividades de  $1.881,37 \text{ kg ha}^{-1}$  (Bj + VME) e  $2.085,71 \text{ kg ha}^{-1}$  (Bj sem VME), também superiores à testemunha (7,3% e 19%), porém com menor magnitude quando comparados aos tratamentos com *Bradyrhizobium diazoefficiens*. Interessantemente, o tratamento com VME isolada, sem inoculação com as espécies de *Bradyrhizobium* spp., resultou em  $2.127,37 \text{ kg ha}^{-1}$ , mostrando aumento significativo em relação à testemunha (21,4%).



**Figura 2.** Produtividade de grãos de soja com inoculação de *Bradyrhizobium diazoefficiens* e *Bradyrhizobium japonicum* com e sem vesículas de membrana externa via sementes no ano agrícola de 2024/2025. Santa Maria, RS.

Os resultados aqui apresentados evidenciam que a inoculação com *Bradyrhizobium spp.* e a aplicação de vesículas de membrana externa (VME), de forma isolada ou combinada, promoveram aumentos na produtividade de grãos de soja em comparação à testemunha. Os tratamentos com *Bradyrhizobium diazoefficiens* (Bd), apresentaram as maiores produtividades, confirmando a eficiência simbiótica superior dessa estirpe. A inclusão das VMEs contribuiu positivamente, sugerindo efeito bioestimulante sobre a planta, possivelmente relacionado ao transporte de moléculas sinalizadoras que favorecem a nodulação e o crescimento. O tratamento com VME isolada apresentou incremento produtivo, reforçando o potencial dessa tecnologia como alternativa sustentável para a agricultura.

## Conclusões

1. A inoculação com *Bradyrhizobium spp.* e a aplicação de vesículas de membrana externa (VME) mostraram-se estratégias promissoras para o incremento da produtividade de grãos de soja.
2. Os melhores resultados foram obtidos com *B. diazoefficiens*, evidenciando sua superioridade simbiótica em comparação a *B. japonicum*.
3. A aplicação de VME, isolada ou combinada com as bactérias, demonstrou potencial bioestimulante, mostrando ser uma alternativa para ser incorporada aos bioinoculantes convencionais.

## Agradecimentos

Trabalho realizado com apoio financeiro do Projeto CNPq nº 73/2022 - Apoio à Pesquisa Científica, Tecnológica e de Inovação. Processo: 131956/2023-0.

## Referências

BITTO, N.J.; ZAVANEU, J. E.; STINEAR, T.P.; COLINA, U. M. F.; KAPARAKIS-LIASKOS, M. Considerations for the analysis of bacterial membrane vesicles: methods of vesicle production and quantification can influence biological and experimental outcomes. **Microbiology Spectrum**, v. 9, n. 3, p. e01273-21, 2021. <https://doi.org/10.1128/Spectrum.01273-21>

BORRERO DE ACUÑA, J. M.I.; BERNAL, P. Plant holobiont interactions mediated by the type VI secretion system and the membrane vesicles: promising tools for a greener agriculture. **Environmental Microbiology**, v. 23, n. 4, p. 1830-1836, 2021. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15457>

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. Ames: **Iowa State University of Science and Technology**, 1977. 11 p. (Special Report 80). Disponível em: <https://dr.lib.iastate.edu/handle/20.500.12876/90239>. Acesso em: 17/06/2025

KANG, S. M.; ADHIKARI, A.; LEE, K. E.; KHAN, M. A.; KHAN, A. L.; SHAHZAD, R.; LEE, I. J. Inoculation with Indole-3-acetic acid-producing rhizospheric *Rhodobacter sphaeroides* KE149 augments growth of adzuki bean plants under water stress. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 30, n. 5, p. 717, 2020. <https://doi.org/10.4014/jmb.1911.11063>

NASER, M. A.; KHOSLA, R.; LONGCHAMPS, L.; DAHAL, S. Characterizing variation in nitrogen use efficiency in wheat genotypes using proximal canopy sensing for sustainable wheat production. **Agronomy**, v. 10, n. 6, p. 773, 2020. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060773>

NGUYEN, H. Achieving sustainable cultivation of soybeans. Volume 1: Breeding and cultivation techniques (1st ed.). **Burleigh Dodds Science Publishing**. 2018. <https://doi.org/10.1201/9781351114479>

PINHEIRO, Y. A.; KONDA, S. T.; BONINI, L. M. Impactos da pandemia Covid-19 na importação de fertilizantes para o agronegócio brasileiro. In: CARVALHO, A. C.; CASTRO, A. C. **Implicações socioeconômicas da covid-19 no brasil e no mundo**, v. 1, p. 148-156, 2022. <https://doi.org/10.37885/211006353>

RAY, D.K.; MUELLER N. D.; WEST P.C.; FOLEY J. A. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. **PloS one**, v. 8, n. 6, p. e66428, 2013. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066428>

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs. **World Population Prospects 2022**. New York: United Nations, 2022. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/>. Acesso em: 18/06/2025

## **Inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* em soja por pulverização em cobertura**

Edgar Salis Brasil Neto<sup>(1\*)</sup>, Laís De Paula Ribeiro<sup>(2)</sup>, Fernando Sintra Fulaneti<sup>(1)</sup>, Lucas Nascimento Brum<sup>(1)</sup>, Léo Antônio Limberger Speth<sup>(3)</sup>, Helena Ramos Pinto<sup>(3)</sup> e Thomas Newton Martin<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Aluno de Doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. <sup>(2)</sup> Aluno de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. <sup>(3)</sup> Aluno de Graduação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. <sup>(4)</sup> Professor Pesquisador, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. (\*) edgarbrasilneto@yahoo.com.br.

**Resumo** – Nos anos agrícolas de 2023/2024 e 2024/2025 foram conduzidos experimentos para avaliar a eficiência do uso de inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* por pulverização em cobertura. No ano agrícola de 2023/2024 houve incremento na produtividade de grãos quando a inoculação de *B. japonicum* por pulverização por cobertura foi realizada nos estádios V3 e V6. No ano agrícola de 2024/2025 não foi observado incremento na produtividade de grãos com a inoculação de *B. japonicum* por pulverização por cobertura, mas foi observada a capacidade de plantas que não receberam inoculação na semeadura de terem produtividade de grãos semelhantes a testemunha inoculada na semeadura, quando a pulverização por cobertura foi realizada nos estádios V3 e V6. A inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* por pulverização em cobertura na cultura da soja, quando realizada entre os estádios V3 e V6 e sob condições adequadas de umidade do solo, promove incremento na produtividade de grãos.

**Termos para indexação:** *glycine max*, fixação biológica do nitrogênio, bioinsumos.

## **Inoculation of *Bradyrhizobium japonicum* in soybeans by spraying in coverage**

**Abstract** – In the 2023/2024 and 2024/2025 agricultural years, experiments were conducted to evaluate the efficiency of using *Bradyrhizobium japonicum* inoculation by topdressing spraying. In the 2023/2024 agricultural year, there was an increase in grain yield when *B. japonicum* inoculation by topdressing spraying was carried out at the V3 and V6 stages. In the 2024/2025 agricultural year, no increase in grain yield was observed with *B. japonicum* inoculation by topdressing spraying, but the ability of plants that did not receive inoculation at sowing to have grain yields similar to the control inoculated at sowing was observed, when topdressing spraying was carried out at the V3 and V6 stages. The foliar application of *Bradyrhizobium japonicum* in soybean, when performed between growth stages V3 and V6 under adequate soil moisture conditions, promotes an increase in grain yield.

**Index terms:** *glycine max*, biological nitrogen fixation, bioinputs.

## Introdução

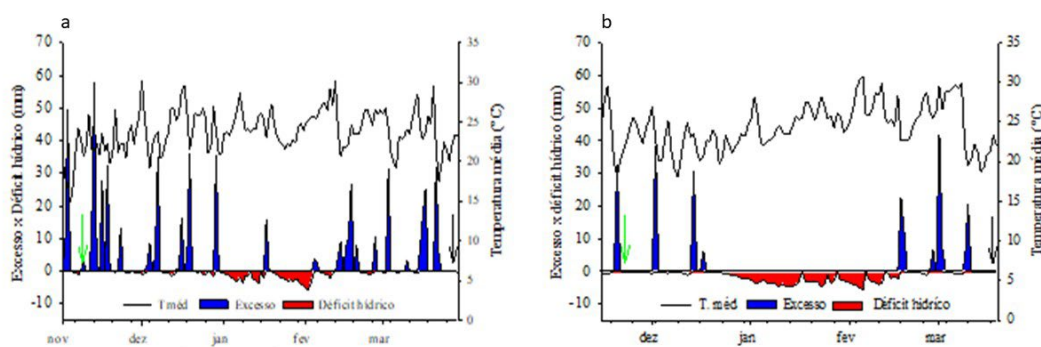
A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] tem uma grande necessidade de nitrogênio (N) devido ao alto teor de proteínas dos grãos, que é de cerca de 40%, necessitando até 93 kg de N por tonelada de grão produzido (Herridge et al., 2022). Nas condições brasileiras, até 90% da demanda de N pela soja pode ser suprida pela fixação biológica do nitrogênio (FBN) (Zilli et al., 2021).

A FBN é a forma mais importante de entrada sustentável de N em ecossistemas e a simbiose entre rizóbios e leguminosas são responsáveis por fixar entre 20 e 300 kg de N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, sendo a soja responsável por 70% do total (Herridge et al., 2022). Na safra 2019/20, a economia estimada gerada pela FBN no Brasil foi de US\$15,2 bilhões (Telles et al., 2023) e o uso de inoculação de *Bradyrhizobium* spp. por pulverização em cobertura na cultura da soja foi objeto de pesquisa nos últimos anos (Zilli et al., 2008; Hungria et al., 2015; Moretti et al., 2018).

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência do uso de inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* em pulverização por cobertura na produtividade de grãos (PG) da cultura da soja e determinar qual o estágio de desenvolvimento da cultura em que deve ser realizada a inoculação por pulverização em cobertura.

## Material e métodos

Foram conduzidos experimentos nos anos agrícolas de 2024/25 e 2024/2025, na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). No ano agrícola de 2023/2024 a semeadura foi realizada no dia 06/11/2023 e a colheita no dia 02/04/2024. No ano agrícola de 2024/2025 a semeadura foi realizada no dia 11/11/2024 e a colheita no dia 04/04/2025. Nos dois anos foi utilizada a cultivar de soja NEO 610 IPRO, de ciclo precoce, crescimento indeterminado pertencente ao grupo de maturação 6.1. A população final de plantas foi de 280.000 plantas ha<sup>-1</sup> e a adubação utilizada na semeadura foi de 350 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 0-28-20 (NPK). Os dois anos de estudos apresentaram diferentes fases do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) (Figura 1).



**Figura 1.** Balanço hídrico e temperatura média diária durante os anos agrícolas de 2023/2024 (a) e 2024/2025 (b). As setas indicam a semeadura (verde) e colheita (preta). UFSM, Santa Maria (RS).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições, com cada unidade experimental totalizando 17,44 m<sup>2</sup> e a escala fenológica usada para determinar os estádios de desenvolvimento da cultura foi a de Fehr & Caviness (1977). Os tratamentos consistiram na inoculação via pulverização em cobertura de *B. japonicum* em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura da soja, com e sem inoculação via sulco de semeadura. No ano agrícola de 2023/2024, os tratamentos foram: Controle não inoculado, fertilizado com N (SI+N); Não inoculado na semeadura + inoculação via pulverização em cobertura no estádio V1 (SI+V1); Não inoculado na semeadura + inoculação via pulverização em cobertura no estádio V3 (SI+V3); Não inoculado na semeadura + inoculação via pulverização em cobertura no estádio V6 (SI+V6); Não inoculado na semeadura + inoculação via pulverização em cobertura no estádio R1 (SI+R1); Testemunha inoculada via sulco de semeadura (IN); Inoculado via sulco de semeadura + inoculação via pulverização em cobertura no estádio V1 (IN+V1); Inoculado via sulco de semeadura + inoculação via pulverização em cobertura no estádio V3 (IN+V3); Inoculado via sulco de semeadura + inoculação via pulverização em cobertura no estádio V6 (IN+V6); Inoculado via sulco de semeadura + inoculação via pulverização em cobertura no estádio R1 (IN+R1). No ano agrícola de 2024/2025, além dos tratamentos anteriores, foi incluído um tratamento: Controle não inoculado (SI).

Nas parcelas de controle de fertilizantes nitrogenados (SI+N) foi utilizada ureia, com aplicação dividida em quatro momentos distintos: 25% no estádio V1,

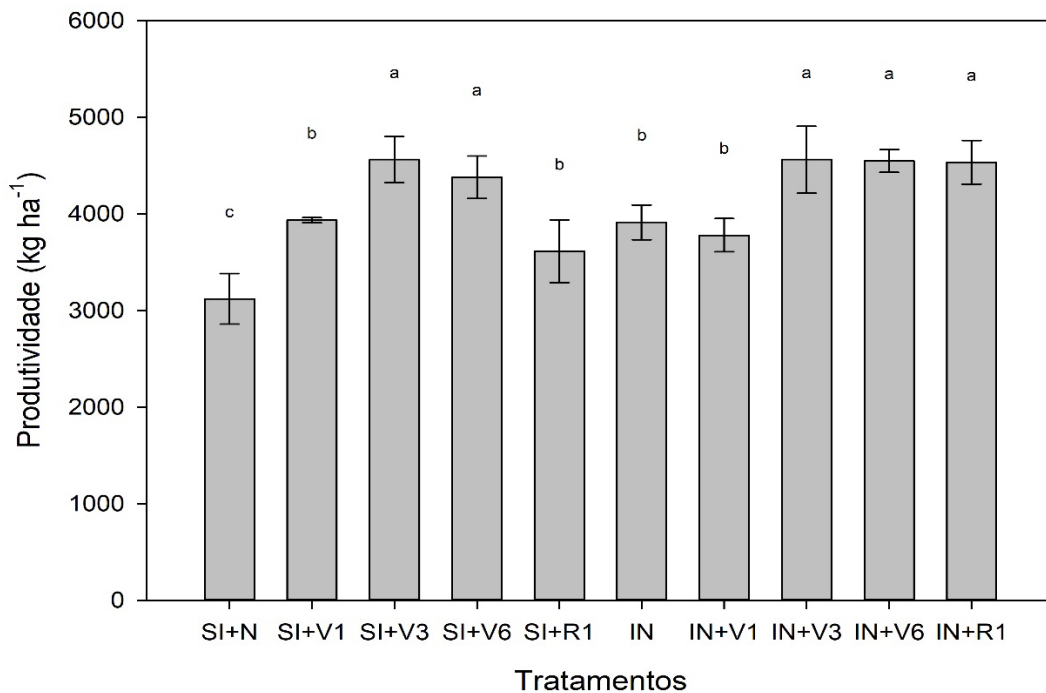


25% no estádio V4, 25% no estádio V6 e 25% no estádio R1. Para a inoculação no sulco foi utilizado inoculante líquido, com concentração de  $2 \times 10^{10}$  unidades formadoras de colônias (UFC)  $\text{ml}^{-1}$ , com dose calculada para obter  $3,6 \times 10^6$  UFC's por semente, diluída em um volume de 50 L de água  $\text{ha}^{-1}$ . Para as inoculações via pulverização em cobertura foi usado o mesmo inoculante líquido usado na semeadura com a dose calculada para obter  $7,2 \times 10^6$  UFC's por planta, diluída em 150 L de calda  $\text{ha}^{-1}$ . A aplicação de inoculantes por pulverização em cobertura foram feitas por meio de pulverizador costal, sempre no final da tarde (após as 19h, horário de Brasília). No estádio R8, foi realizada a colheita. As amostras foram trilhadas, limpas e pesadas, aferido o teor de umidade e corrigido para 13%, para obtenção da PG.

## Resultados e discussão

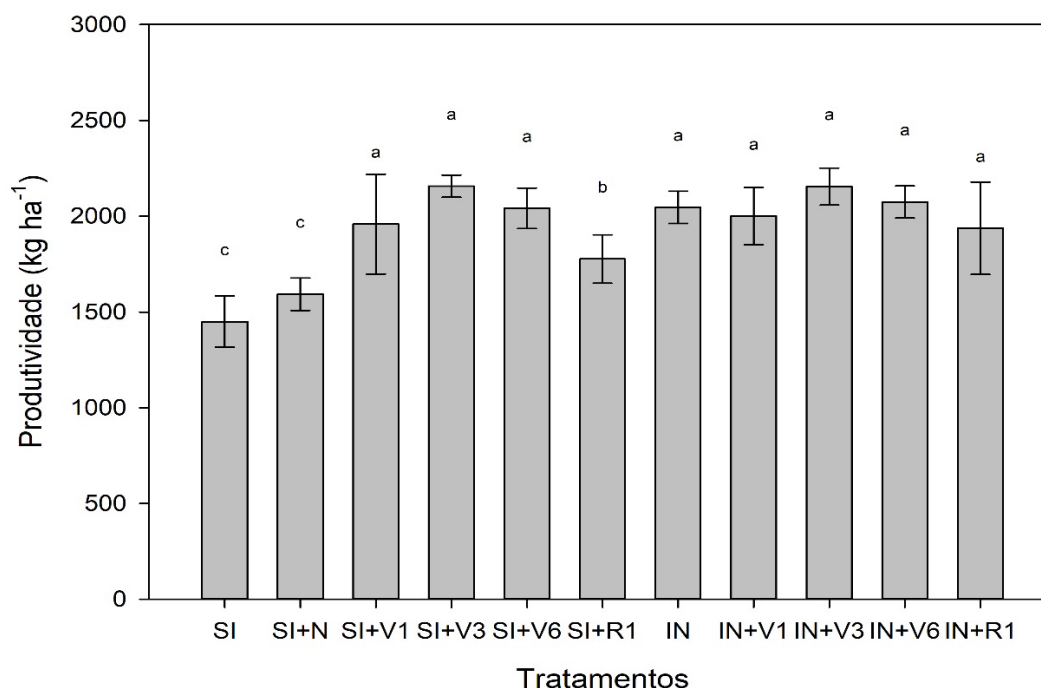
Houve influência das condições climáticas nos resultados dos dois anos, o que refletiu na produtividade dos experimentos (Figura 1). No ano agrícola de 2023/2024 a média geral de produtividade de grãos do experimento foi de 4094  $\text{kg ha}^{-1}$ , enquanto no ano de 2024/2025 foi de 1926  $\text{kg ha}^{-1}$ . O ano agrícola de 2023/2024 foi caracterizado pela ocorrência do fenômeno El Niño, enquanto o de 2024/2025 foi caracterizado pela ocorrência do fenômeno La Niña, o que acarretou déficit hídrico severo na área onde foi conduzido o experimento. Apesar disso, foi possível observar efeito dos tratamentos aplicados.

No ano agrícola 2023/2024, o pior desempenho em PG foi do tratamento SI+N. Os tratamentos SI+V1, SI+R1, IN e IN+V1 não diferiram entre si, mas foram inferiores aos tratamentos SI+V3, SI+V6, IN+V3, IN+V6 e IN+R1 (Figura 2). A aplicação de *B. japonicum* em cobertura nos estádios V3 e V6, independente dos tratamentos terem recebido inoculação no sulco de semeadura, e em R1 quando houve inoculação no sulco de semeadura, resultaram em incremento na PG de até 16,5% quando comparados a IN.



**Figura 2.** Produtividade de grãos de soja com inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* por cobertura no ano agrícola de 2023/2024. Santa Maria, RS.

No ano agrícola 2024/2025, os piores desempenhos em PG foram dos tratamentos SI e SI+N. O tratamento SI+R1 apresentou PG superior a estes tratamentos e inferior aos demais. (Figura 3). A aplicação de *B. japonicum* em cobertura durante a fase vegetativa nos tratamentos que não receberam inoculação em semeadura resultou em incremento na PG em relação a SI e SI+N e PG igual a IN, o que indica que a inoculação em cobertura de *B. japonicum* é uma alternativa para quando a inoculação na semeadura for malsucedida. Embora os tratamentos não tenham diferido estatisticamente da IN, as aplicações de *B. japonicum* em cobertura no estágio V3, independente do tratamento ter recebido inoculação no sulco de semeadura, resultaram em um incremento de produtividade de mais de 5%.



**Figura 3.** Produtividade de grãos de soja com inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* por cobertura no ano agrícola de 2024/2025. Santa Maria, RS.

Os resultados sugerem que em condições adequadas de umidade do solo, caso do ano agrícola 2023/2024, a inoculação de *B. japonicum* por pulverização em cobertura resulta em incremento de produtividade, quando realizada entre os estádios V3 e V6, mesmo que não seja feita a inoculação na semeadura. Já em condições de déficit hídrico, não se observa incremento na PG, porém é uma técnica que permite a correção de inoculações na semeadura ineficientes. Provavelmente isso se dá porque a umidade auxilia na sobrevivência e persistência dos microrganismos no solo e pela resposta das plantas aos estímulos ambientais. A planta de soja controla a formação de nódulos através da autorregulação da nodulação (AON), evitando gasto de energia desnecessário (Mendoza-suarez et al., 2021). Em caso de déficit hídrico, inoculações por pulverização em cobertura adicionais à inoculação na semeadura não se refletem na PG porque o aumento da nodulação acarretaria em maior necessidade de fotoassimilados para os nódulos e maior gasto energético em uma condição de escassez de água.

## Conclusões

1. Em condições adequadas de umidade do solo há incremento na PG com a inoculação de *B. japonicum* por pulverização em cobertura na cultura da soja.
2. A inoculação de *B. japonicum* por pulverização em cobertura na cultura da soja deve ser realizada entre os estádios V3 e V6.

## Referências

- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. Ames: **Iowa State University of Science and Technology**, 1977. 11 p. (Special Report 80). Disponível em: <https://dr.lib.iastate.edu/handle/20.500.12876/90239>. Acesso em: 17/09/2023.
- HERRIDGE, D. F.; GILLER, K. E.; JENSEN, E. S.; PEOPLES, M. B. Quantifying country-to-global scale nitrogen fixation for grain legumes II. Coefficients, templates and estimates for soybean, groundnut and pulses. **Plant and Soil**, v. 474, n. 1, p. 1-15, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05166-7>
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Alternative methods of soybean inoculation to overcome adverse conditions at sowing. **Afr. J. Agric. Res.** V. 10, p. 2329-2338, 2015. <https://doi.org/10.5897/AJAR2014.8687>
- MENDOZA-SUÁREZ, M.; ANDERSEN, S. U.; POOLE, P. S.; SÁNCHEZ-CAÑIZARES, C. Competition, nodule occupancy, and persistence of inoculant strains: key factors in the rhizobium-legume symbioses. **Frontiers in plant science**, v. 12, p. 690567, 2021. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.690567>
- MORETTI, L. G.; LAZARINI, E.; BOSSOLANI, J. W.; PARENTE, T. L.; CAIONI, S.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Can additional inoculations increase soybean nodulation and grain yield? **Agronomy Journal**, v. 110, p. 715-721, 2018. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.09.0540>
- TELLES, T. S.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Economic value of biological nitrogen fixation in soybean crops in Brazil. **Environmental Technology & Innovation**, v. 31, p. 103158, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103158>
- ZILLI, J. É.; MARSON, L. C.; MARSON, B. F.; GIANLUPPI, V.; CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. Inoculação de Bradyrhizobium em soja por pulverização em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 43, n.4, p.541-544, abr., 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000400014>
- ZILLI, J. É.; PACHECO, R. S.; GIANLUPPI, V.; SMIDERLE, O. J.; URQUIAGA, S.; HUNGRIA, M. Biological N<sub>2</sub> fixation and yield performance of soybean inoculated with Bradyrhizobium. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 119, n. 3, p. 323-336, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10705-021-10128-7>

## Viabilidade da utilização de polímero hidroabsorvente para cultivo de soja em áreas de terras baixas

Glauber Monçon Fipke<sup>(1\*)</sup>, Guilherme Schmitt<sup>(2)</sup>, Aureo Aires Fagundes Neto<sup>(3)</sup>, João Victor Gonçalves Moro<sup>(3)</sup>, Leonardo Gonçalves Moro<sup>(3)</sup>, Luka da Costa Bianchin<sup>(4)</sup>, Vinícius dos Santos Cunha<sup>(5)</sup>, Anderson Cesar Ramos Marques<sup>(6)</sup>, Robson Giacomeli<sup>(6)</sup> e Thomas Newton Martin<sup>(6)</sup>

(1) Professor, Universidade Federal do Pampa, Itaqui, RS. (2) Agrônomo, Cooperativa Triticola Panambi Ltda., Panambi, RS. (3) Estudante de Agronomia, Universidade Federal do Pampa, Itaqui, RS. (4) Estudante de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, RS. (5) Professor, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, RS. (6) Professor, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. (\*) glauberfipke@unipampa.edu.br.

**Resumo** – Os polímeros hidroabsorventes são grânulos que quando em contato com água ou umidade se dilatam e transforma-se em partículas de gel que podem reter água para si. Por terem essas características, quando usados na agricultura eles podem atenuar os efeitos negativos causados por períodos de escassez de chuvas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da utilização de polímero hidroabsorvente na cultura da soja cultivada em solo hidromórfico. O experimento foi realizado na cidade de Itaqui, RS, Brasil, no ano agrícola 2022/23. O experimento seguiu o delineamento de blocos casualizados com 3 blocos e 6 tratamentos, compostos por doses de 0, 5, 10, 20, 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de produto comercial a base de polímero hidroabsorvente. Para as variáveis produtividade de grãos, número de legumes por planta e grãos por planta houve resposta linear positiva ao aumento das doses. Para a massa de mil grãos a máxima eficiência técnica foi de 58 kg ha<sup>-1</sup> do produto. Portanto, nas condições do experimento são recomendados o fornecimento de 80 kg ha<sup>-1</sup> de polímero hidroabsorvente.

**Termos para indexação:** *Glycine max*, armazenamento de água, estresse hídrico, hidrogel.

## Feasibility of using a water-absorbing polymer for soybean cultivation in lowland

**Abstract** – Water-absorbing polymers are granules that, when in contact with water or moisture, expand and transform into gel particles capable of retaining water. Due to these characteristics, when used in agriculture, they can mitigate the negative effects caused by periods of drought. The objective of this study was to evaluate the influence of water-absorbing polymer use on soybean cultivation in hydromorphic soil. The experiment was conducted in Itaqui, RS, Brazil, during the 2022/23 agricultural year. It followed a randomized block design with three blocks and six treatments, which were determined by application rates of 0, 5, 10, 20, 40, and 80 kg ha<sup>-1</sup> of a commercial water-absorbing polymer-based product. For the variables grain yield, number of pods per plant, and grains per plant, there was a positive linear response corresponding to the increase in application rates.

For the thousand-grain weight, the maximum technical efficiency was achieved at 58 kg ha<sup>-1</sup> of the product. Therefore, under the experimental conditions, an application rate of 80 kg ha<sup>-1</sup> of the water-absorbing polymer is recommended.

**Index terms:** *Glycine max*, water storage, water stress, hydrogel.

## Introdução

Apesar dos mais de 169 milhões de toneladas de grãos produzidos na safra de 2024/25 (CONAB, 2025), a produção eficiente da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] enfrenta desafios. Podemos elencar a escassez hídrica como um dos principais fatores ambientais que condicionam e/ou limitam a produtividade de grãos nas mais diversas regiões produtoras no país.

A Fronteira Oeste do Estado do Rio Grande do Sul tem predomínio de solos hidromórficos, propícios ao cultivo do arroz irrigado por inundação. Essa condição faz com que sejam necessárias sistematizações no terreno, em função da drenagem necessária ao cultivo de culturas de sequeiro. Ao mesmo tempo, em cenários de escassez hídrica esses solos têm baixa capacidade de armazenamento de água, tornando frequente a utilização de técnicas que visem descompactar o solo para se obter maior armazenamento de água (Marchesan, 2022).

Os polímeros hidroabsorventes são grânulos que ao absorver umidade se dilatam e transformam-se em pequenas partículas de gel (hidrogel), desta forma, podendo ser utilizado em cultivos agrícolas. Portanto, estes produtos auxiliam no armazenamento hídrico, retendo para si a água proveniente da irrigação ou da chuva, para que então, seja liberada de forma gradual para a planta em momentos de escassez (Alves, 2019). Na cultura da soja, Minosso et al. (2021), relatam incremento em diversos componentes de produtividade de grãos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade agronômica da utilização de polímeros hidroabsorventes na cultura da soja cultivada em solo hidromórfico.

## Material e métodos

O experimento foi realizado no ano agrícola 2022/2023, na área experimental da Universidade Federal do Pampa - Campus Itaqui/RS, sob as

coordenadas 29°09'S; longitude 56°33' W; e altitude média de 74 metros acima do nível do mar. A classificação climática da região é do tipo Cfa, ou seja, subtropical úmido sem estação seca definida e o solo da região é um Plintossolo Argilúvico distrófico. A análise química de solo da área experimental apresenta características: pH (água, 1:1) = 5,6; Matéria orgânica (% m/v) = 1,6; Argila (% m/v) = 24; Fósforo, P-Mmehlich ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) = 3,3; Potássio ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) = 83; H + AL ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) = 3,8; CTC (pH 7,  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) = 10,1 e Saturação de bases (%) = 62.

A área foi preparada mediante escarificação mecânica do solo cerca de dois meses antes da implantação do experimento. O sistema de semeadura “convencional” ocorreu na segunda quinzena de novembro utilizando o genótipo DM 66i68 IPRO, ajustando a população de plantas para 280 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ . A adubação de base consistiu no fornecimento de 380  $\text{kg ha}^{-1}$  na formulação de (5 N - 20  $\text{P}_2\text{O}_5$  - 20  $\text{K}_2\text{O}$ ). Cada parcela foi representada por 7,5  $\text{m}^2$ .

Os tratamentos consistiram em doses de 0, 5, 10, 20, 40 e 80  $\text{kg ha}^{-1}$  de um produto comercial a base de polímero hidroretentor. O produto foi disponibilizado durante o processo de semeadura com semeadora-adubadora, diretamente no sulco de semeadura em mistura com a adubação de base. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com 3 blocos.

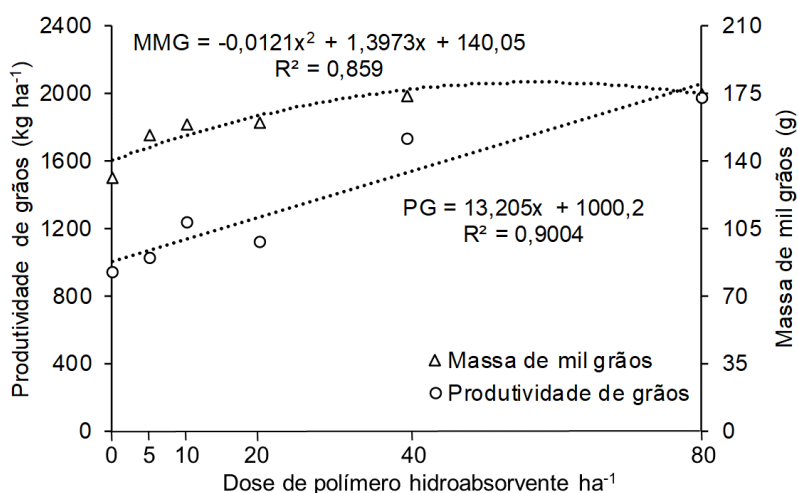
Durante a estação de cultivo (17 de novembro de 2022 a 11 de abril de 2023, totalizando 145 dias) houve um acumulado de precipitação pluvial de 297,4 mm (dados da estação meteorológica local). Além disso, é importante frisar que houve má distribuição deste acumulado, fato característico de anos de ocorrência do Fenômeno La Niña na região. Todos os demais tratos culturais seguiram a recomendação técnica para a cultura (Reunião, 2022).

As avaliações consistiram na coleta aleatória e contagem manual de dez plantas para estimativa do número de legumes por planta e número de grãos por planta; procedendo a colheita manual de 4  $\text{m}^2$  de plantas, trilhadas e limpas mecanicamente para a estimativa da produtividade de grãos e; pela contagem manual e aferição da massa de mil grãos. De posse do banco de dados, procedeu-se a análise de variância (teste de F,  $P \leq 0,05$ ) e, posteriormente,

realizou-se a análise de regressão utilizando o Software SISVAR® (Ferreira, 2008).

## Resultados e discussão

Houve influência das doses de polímero hidrorretentor utilizadas na produtividade e massa de mil grãos (Figura 1). O ajuste linear positivo referente a maior dose ofertada resultou em 1.977 kg de grãos  $\text{ha}^{-1}$ . Se pode afirmar que as médias de produtividade de grãos obtidas no experimento foram consideravelmente baixas em comparação a uma média histórica para a região. Porém, à escassez de chuva relatada durante a estação de cultivo foi geral em praticamente todo o Estado do Rio Grande do Sul. Para a região, estimou-se uma produtividade média de 883 kg de grãos de soja  $\text{ha}^{-1}$  (IRGA, 2023), portanto, condizente com a situação atípica. Ainda, se pode atribuir a manutenção da produtividade devido a utilização do polímero hidrorretentor, pois, ao comparar com o tratamento onde não houve fornecimento é notável a diferença. O ajuste da equação aponta incremento de 13,20 kg de grãos  $\text{ha}^{-1}$  para cada kg de polímero hidrorretentor fornecido.



**Figura 1.** Produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e massa de mil grãos (g) em plantas de soja submetidos em doses crescentes de polímero hidroabsorvente. Itaqui, RS, Brasil. 2022/23.

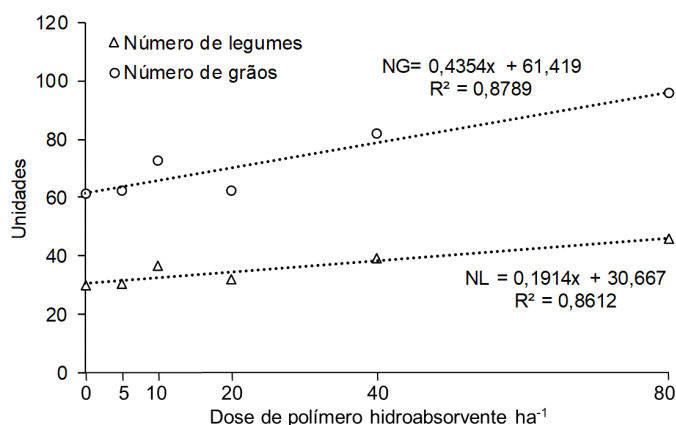
Kraisig et al. (2018) obtiveram resultados semelhantes, onde comparou-se o rendimento com diversas doses de um polímero hidrorretentor no sistema



de rotatividade soja/aveia. Neste caso, as quantidades de polímero hidroretentor relevantes foram 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> obtendo-se uma produtividade de 6.500 a 8.000 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Parcialmente, a massa de mil grãos ajuda a explicar o incremento reportado neste trabalho, onde foi obtido um ajuste quadrático (Figura 1). Com isso, a máxima eficiência técnica (MET) foi disposta na dose de 58 kg de produto (180,39 g). Minosso et al. (2021) apresentam um estudo comparando cultivares tolerantes e não tolerantes ao déficit hídrico com o uso do polímero hidroretentor. Nesse caso, o mesmo utilizou doses de 0, 20, 40 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de polímero hidroretentor. Minosso et al. (2021) obtiveram massa de mil grãos de 138,5 e 158,4 gramas para as cultivares tolerantes e não tolerantes respectivamente, a MET foi obtida na dose de 30 kg ha<sup>-1</sup>.

O número de legumes e grãos por plantas também foram afetados positivamente por doses crescentes de polímero hidroretentor (Figura 2). Em relação ao número de legumes e grãos por planta, Pelegrin et al. (2017) obtiveram resultados semelhantes ao presente estudo, ou seja, incremento linear conforme aumento de dose. Nesse mesmo trabalho, os pesquisadores utilizaram doses de até 20 kg ha<sup>-1</sup> de produto, indicando para algumas variáveis a MET em 15 kg ha<sup>-1</sup> de produto. Supõem-se que às formas de manejo do solo, condições climáticas e interação genótipo X ambiente poderiam apontar um incremento maior, caso tivessem sido estudadas maiores dosagens.



**Figura 2.** Número de legumes planta<sup>-1</sup> e número de grãos planta<sup>-1</sup> em plantas de soja submetidos em doses crescentes de polímero hidroabsorvente. Itaqui, RS, Brasil. 2022/23.

Mesmo considerando as diferenças entre os tratamentos usados em cada experimento, Minosso et al. (2021) obtiveram resultado semelhante ao do presente estudo. Isso demonstra que a utilização do polímero hidrorretentor pode preservar mais umidade na zona radicular e melhorar o desenvolvimento e rendimento da planta. Porém, em altas concentrações do produto os resultados não são compensatórios, ultrapassando a máxima eficiência técnica das cultivares.

Nas condições do experimento, o uso de polímero hidrorretentor mostrou resultados muito promissores do ponto de vista agrônomo. Contudo, é importante frisar que o uso em conjunto do produto com o adubo mineral apresentou problemas operacionais. Durante o deslocamento da semeadora foi evidenciado a separação em diferentes frações devido o produto utilizado possuir granulometria bastante pequena (fina) em comparação ao adubo mineral. Outro aspecto a ser analisado é o alto valor de obtenção do produto. Localmente, o produto comercial estava sendo comercializado a aproximadamente R\$ 54,00 kg<sup>-1</sup>, o que tornaria praticamente inviável a sua utilização nas doses propostas no resultado deste trabalho. Portanto, são necessários maiores estudos, principalmente no quesito doses, modalidade de fornecimento e operacionalidade, custo x benefício, dentre outros.

## **Conclusões**

1. Foi possível verificar comportamento linear positivo dos principais componentes de produtividade de grãos da soja.
2. Apenas para a massa de mil grãos foi possível identificar a máxima eficiência técnica, consistindo na dose de 58 kg do produto ha<sup>-1</sup>.
3. Nas condições do experimento são recomendados o fornecimento de 80 kg ha<sup>-1</sup> de polímero hidroabsorvente.

## **Agradecimentos**

Trabalho realizado com apoio financeiro referente a editais de fomento a Iniciação Científica da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do RS (FAPERGS), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPPI) e matriz de custeio destinado a Área Experimental do Campus Itaqui da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA).

## Referências

- ALVES, J. J. A. **Doses de polímero hidrorretentor no algodão BRS Topázio**. 2019. 49f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2019.
- CONAB– Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da Safra de Grãos – 9º Levantamento – Safra 2024/25**. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/9o-levantamento-safra-2024-25>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- FERREIRA, Daniel Furtado. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, n.1, p. 36-41, 2008.
- IRGA – Instituto Riograndense do Arroz. **Soja - Produtividades Municipais - Safra 2022/2023**. 2023. Disponível em: <https://admin.irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202310/09153140-soja-produtividades-municipais-safra-2022-23.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- KRAISIG, A. R.; SCREMIN, O. B.; MANTAI, R. D.; MAROLLI, A.; de MAMANN, A. T. W.; BREZOLIN, A. P. SCREMIN, A. H.; da SILVA, J. A. G. Análise da superfície de resposta sobre o uso do biopolímero hidrogel no sistema soja/aveia. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, v. 6, n. 1, p. 1-7, 2018.
- MARCHESAN, E. Limitações e possibilidades de soja em áreas de arroz. In: MARTIN, T. N.; PIRES, J. L. F.; VEY, R. T. (Org.) **Tecnologias aplicadas para o manejo rentável e eficiente da cultura da soja**. Santa Maria/RS: Editora GR, p. 341-368, 2022.
- MINOSSO, R. R.; SOSTISSO, G. L.; DRANSKI, J. A. L. Componentes de rendimento e produtividade da soja cultivada com hidrogel. **Revista Científica Rural**, v. 23, n. 1, p. 69-82, 2021.
- PELEGRIN, A. J.; NARDINO, M.; FERRARI, M.; CARVALHO, I. R.; SZARESKI, V. J.; BELLE, R.; CARON, B. O.; de SOUZA, V. Q. Polímeros hidrorretentores na cultura da soja em condições de solo argiloso na região norte do Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 175-182, 2017.
- REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA DA REGIÃO SUL, 43. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2022/2023 e 2023/2024**. Martin et al (Org.). Santa Maria: Editora GR, 2022. 136p.

## **Irrigação e manejo do solo em terras baixas para cultivo de soja**

Robson Giacomeli<sup>(1\*)</sup>, Edgar Salis Brasil Neto<sup>(2)</sup>, Glauber Monçon Fipke<sup>(3)</sup>,  
Vinícius dos Santos Cunha<sup>(4)</sup>, Anderson Cesar Ramos Marques<sup>(1)</sup>, Thomas  
Newton Martin<sup>(1)</sup> e Vitória Romero Garcia<sup>(5)</sup>

(1) Professor, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. (2) Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal do Pampa, Itaqui, RS. (3) Professor, Universidade Federal do Pampa, Itaqui, RS. (4) Professor, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, RS (5) Estudante de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, RS. (\*) robson.giacomeli@ufsm.br.

**Resumo** – O objetivo desse trabalho foi avaliar irrigação e manejos do solo nas propriedades físicas do solo e produtividade de grãos da cultura da soja em terras baixas. Dois experimentos foram instalados nos anos 2016/17 e 2017/18. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema bi-fatorial (2x3), com quatro repetições. No fator principal foi avaliada a irrigação: irrigado e sem irrigação. O segundo fator foram três manejos do solo: preparo convencional; plantio direto e; camalhão. Em 8 de novembro de 2016 e 31 de outubro de 2017 foi semeada a cultivar de soja Brasmax 63164RSF IPRO. Avaliaram-se as propriedades físicas do solo e a produtividade de grãos de soja. O preparo convencional aumenta a resistência à penetração na camada próxima a superfície do solo. O preparo convencional aumenta a resistência do solo à penetração mecânica próximo a 0,1 m de profundidade em solos de terras baixas, aumentando o risco de estresse por déficit ou excesso hídrico para a cultura da soja; a irrigação aumenta 40% a produtividade de grãos de soja em terras baixas.

**Termos para indexação:** *Glycine max*, armazenamento de água, estresse hídrico, plantio direto.

## **Irrigation and Soil Management in Lowland Areas for Soybean Cultivation**

**Abstract** – The objective of this study was to evaluate the effects of irrigation and soil management on the physical properties of the soil and soybean grain yield in lowland areas. Two experiments were conducted during the 2016/17 and 2017/18 growing seasons. A randomized block design was used in a 2x3 factorial scheme with four replications. The main factor was irrigation (with and without irrigation), and the secondary factor comprised three soil management practices: conventional tillage, no-tillage, and ridging. The soybean cultivar Brasmax 63164RSF IPRO was sown on November 8, 2016, and October 31, 2017. Soil physical properties and soybean grain yield were evaluated. Conventional tillage increased soil penetration resistance near the surface layer (around 0.1 m depth), which may raise the risk of water stress due to either deficit or excess moisture. Irrigation increased soybean grain yield by 40% in lowland soils.

**Index terms:** *Glycine max*, water storage, water stress, no tillage.

## Introdução

As terras baixas caracterizam-se por apresentar reduzida taxa de infiltração de água e macroporosidade do solo, além de apresentarem camadas adensadas próximas à superfície (Denardin et al., 2019). Essas características favorecem a utilização da irrigação por inundação em 75 % das áreas cultivadas com arroz irrigado no mundo. Na metade Sul do Estado do Rio Grande do Sul (RS) as terras baixas constituem aproximadamente 6,5 milhões de hectares, onde anualmente o arroz irrigado é cultivado em aproximadamente um milhão de hectares (CONAB, 2025).

Nas áreas orizícolas do RS ocorreu a estabilização da produtividade de grãos de arroz. Dentre as causas, está o aumento de plantas daninhas resistentes aos principais mecanismos de ação dos herbicidas disponíveis para a cultura do arroz. Dessa forma, para melhor controle de plantas daninhas a rotação de culturas com a da soja tem sido utilizada em terras baixas (Marchesan, 2022).

No entanto, as características físicas do solo que favorecem a irrigação por inundação, proporcionam frequentes períodos de excesso ou déficit hídrico, limitando o espaço de aeração ou a disponibilidade de água no solo, respectivamente, reduzindo a produtividade da soja em terras baixas (Gubiani et al., 2018). Algumas estratégias de cultivo da soja, como escarificação do solo, semeadura sobre camalhão ou utilização de haste sulcadora na deposição do fertilizante (Marchesan, 2022), tem propiciado produtividades de soja semelhantes às obtidas em terras altas.

Para atenuar o déficit hídrico para as plantas tem-se utilizado a irrigação por diferentes métodos, os quais possibilitam disponibilidade de água no solo para a soja. O método de irrigação por superfície em faixas é uma alternativa de baixo investimento para essas áreas, pois as mesmas estruturas disponíveis para a irrigação do arroz podem ser utilizadas. Entretanto, para aumentar a aeração da camada superficial do solo, muitas vezes é recomendado o cultivo sobre camalhões (Gubiani et al., 2018). O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de métodos de irrigação e manejos do solo nas propriedades físicas do solo e no crescimento e produtividade de grãos de soja em terras baixas.

## Material e métodos

Dois experimentos foram conduzidos com a cultura da soja, nas safras agrícola 2016/17 e 2017/18 nas coordenadas geográficas 29°09' S e 56°33' W e altitude de 74 m. O clima é caracterizado como subtropical úmido (Cfa), sem estação seca definida e chuva anual de 1.616 mm. Em abril e junho de 2016 realizaram-se o preparo do solo e correção da acidez do solo, realizada escarificação (0,3 m) e logo após semeadura de aveia preta.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema bifatorial 2 x 3, com 4 repetições e parcelas de 40 m<sup>2</sup>. O primeiro fator foram a irrigação: irrigação por faixas e sem irrigação. O segundo fator foram quatro manejos do solo: preparo convencional (CT); plantio direto (NT); e camalhão convencional (SCT). No CT e SCT, realizou-se duas gradagens e aplainamento do solo, no SCT construídos camalhões de 0,15 m de altura e 1,0 m.

Em 8 de novembro de 2016 e 31 de outubro de 2017 foi semeada a cultivar de soja Brasmax 63164RSF IPRO, na densidade de 30 sementes por m<sup>2</sup>. Seguiram-se as recomendações de adubação e tratos culturais para a região (Reunião..., 2022). A necessidade de irrigação foi monitorada pela combinação da estimativa da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) e do monitoramento do conteúdo volumétrico de água no solo ( $\theta$ ), com sensores.

Para a determinação das propriedades físicas e hidráulicas do solo, foram coletadas amostras indeformadas, nas profundidades de 0,00 - 0,05, 0,05 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m, com anéis de 0,030 m x 0,055 m. As coletas foram realizadas 60 dias após a primeira semeadura e após a colheita. As propriedades físico-hidráulicas do solo analisadas foram: densidade do solo (Ds) e macroporosidade (Ma). Nas amostras com  $\theta$  média de 0,21 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, na tensão de -100 kPa, determinou-se a resistência do solo à penetração mecânica (Rp), usando um penetrômetro eletrônico de bancada. Para a produtividade de grãos foi colhida uma área de 6 m<sup>2</sup> e corrigindo a massa de grãos para 13 % de umidade.

A análise de variância foi realizada pelo teste F ( $\alpha \leq 0,05$ ) com o teste complementar de Tukey ( $\alpha \leq 0,05$ ). Para as análises estatísticas foi utilizado o softwar R versão 3.5.1 com o pacote ExpDes.pt.

## Resultados e discussão

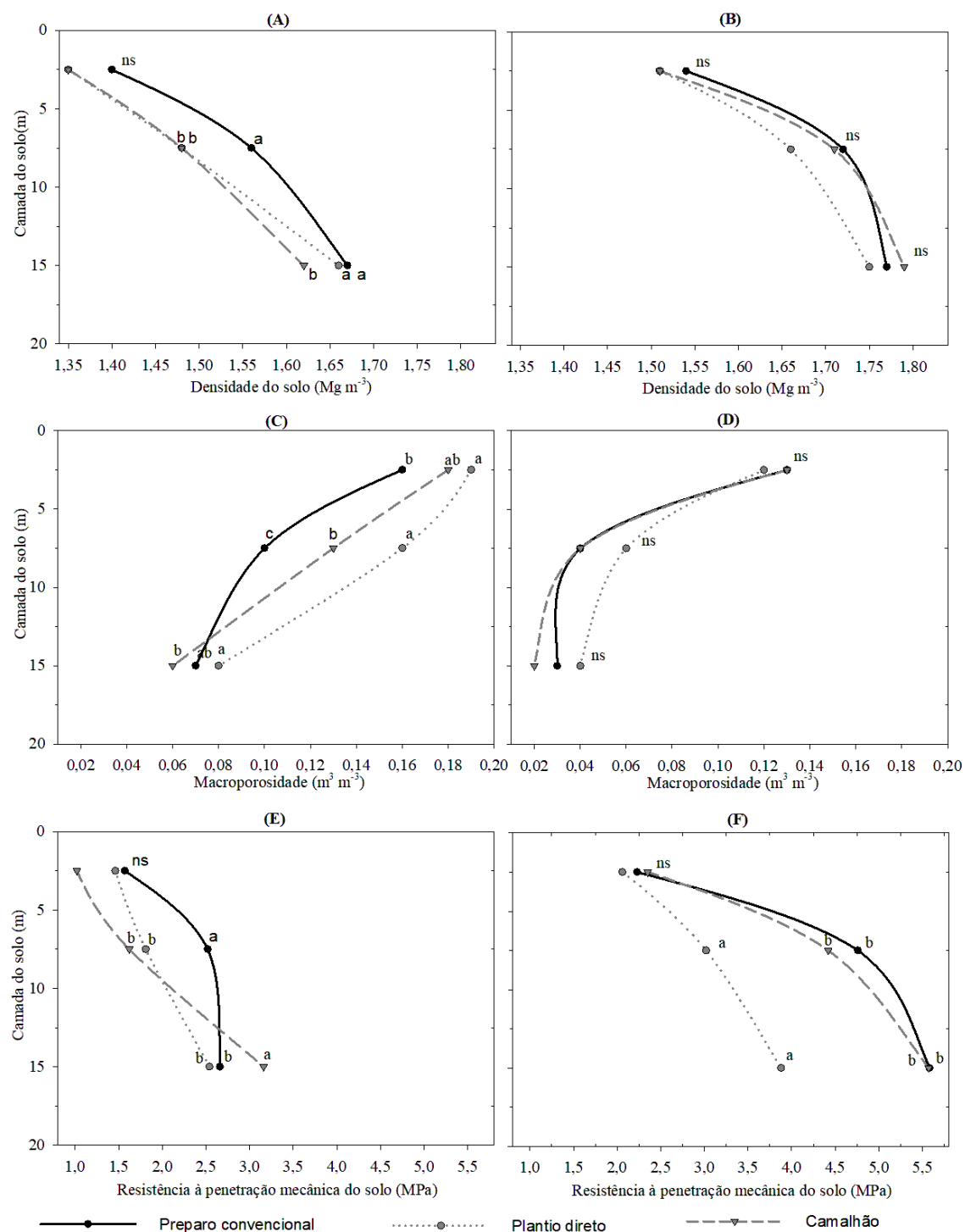
A chuva total acumulada durante o ciclo da cultura foi de 723 e 774 mm, para as safras 2016/17 e 2017/18, respectivamente. Na primeira safra, a melhor distribuição de chuvas resultou na necessidade de apenas quatro aplicações de irrigações, totalizando o uso de 120 mm ha<sup>-1</sup>. Na segunda safra devido a má regularidade de chuvas foram realizadas 12 irrigações, totalizando 360 mm.

Nas propriedades físico-hídricas do solo Ds, Ma e Rp, não foram observadas interações entre os fatores, sendo apresentados separadamente (Figura 1). Não foram observadas diferenças entre uso de irrigação. O tratamento preparo convencional apresentou maior Ds na camada de 0,05 - 0,10 m na primeira safra, resultando em uma menor Ma, em decorrência da gradagem e aplainamento do solo com tráfego de máquinas na superfície do solo, próximo da semeadura causando a compactação do solo nessa camada (Beutler et al., 2014). Maior Ds foram observados nos dois experimentos, na camada 0,10 - 0,20 m para o tratamento com camalhão, onde provavelmente o preparo convencional associado a construção do camalhão mobilizou o solo há uma maior profundidade que no tratamento preparo convencional. Esse maior valor de Ds nessa camada do solo, logo abaixo os 0,1 m de profundidade, também foi relatado por Giacomeli et al. (2017).

As médias de Ds e Ma, foram próximas ao encontrado nas avaliações realizadas para a caracterização da área, antes da escarificação (Ds = 1,63 Mg m<sup>-3</sup>; Ma = 0,07 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>). Os resultados, embora próximos da densidade crítica proposta pela equação de Reichert et al. (2009) nesse solo (1,69 Mg m<sup>-3</sup>), não indicam compactação. Essa Ds elevada pode ser explicada, em partes, pelo baixo teor de argila nessa camada (191,5 g kg<sup>-1</sup>), que em condições naturais, já apresenta elevada densidade (Marcolin e Klein, 2011).

A Rp, no preparo convencional foi superior em relação aos demais tratamentos nas camadas de 0,0 - 0,05 e 0,05 - 0,10 m, na primeira safra. Nos resultados da segunda safra observou-se uma tendência similar, porém, com valores médios maiores que 2 Mpa também na camada de 0,05 - 0,10 m. A maior Rp está associada na maioria das vezes ao aumento da Ds, pois ocorre uma

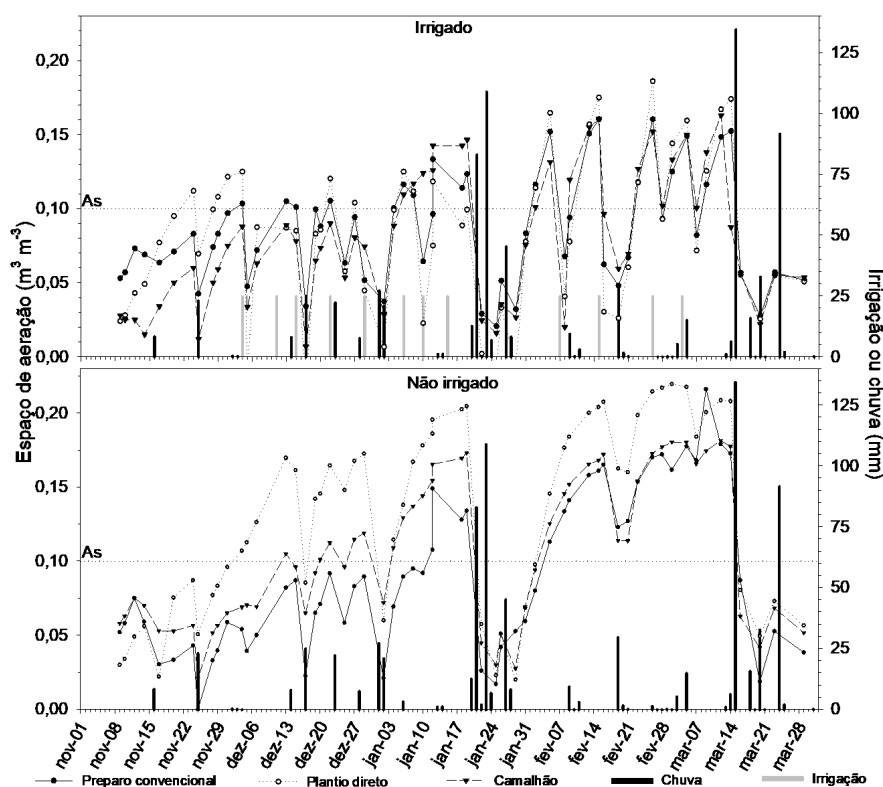
aproximação das partículas do solo e a redução do espaço poroso, provocando um maior atrito entre as das partículas do solo (Assis et al., 2009).



**Figura 1.** Densidade do solo, macroporosidade e resistência do solo à penetração mecânica, nas camadas de 0,0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, em manejos de solo de terras baixas. Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). ns Não significativo em nível de 5 % de probabilidade.



Ainda, pode-se observar um maior espaço de aeração (Figura 2), após chuvas ou irrigações, no tratamento com plantio direto, quando comparado ao convencional e camalhão. Esse resultado pode estar relacionado a uma melhor estruturação do solo não mobilizado, e a manutenção dos bioporos provenientes das raízes da aveia. Segundo Willams e Weil (2004), em plantio direto utilizando plantas de cobertura, o crescimento das raízes de soja ocorre preferencialmente nos bioporos oriundos das raízes da cultura antecessora. De acordo com os mesmos autores, quanto maior a compactação do solo, maiores são os benefícios encontrados pelos bioporos da cultura anterior, o que pode explicar a melhor distribuição do sistema radicular no tratamento NT, ainda que apresente Ds próxima da crítica.



**Figura 2.** Espaço de aeração no solo, chuva e irrigações realizadas por aspersão, faixas e não irrigado, com preparo convencional (CT), semeadura direta (NT), Camalhão convencional (SCT) e Camalhão direto (SNT) na safra agrícola 2017/18 na camada de 0 - 0,25 m de profundidade. As - Espaço de aeração no solo de  $0,1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ .

Na produtividade grãos de soja houve interação (Tabela 1). Na safra 2016/17, a menor produtividade de grãos para o preparo convencional sem irrigação pode ser explicada pela maior Ds e Rp. Com as irrigações realizadas evitaram a ocorrência de períodos de baixo conteúdo de água e esse tratamento

foi similar aos demais manejos de solo. Na safra 2017/18, a produtividade de grãos foi maior quando irrigado e em plantio direto e uso de camalhão.

**Tabela 1.** Produtividade de grãos de soja irrigada e não irrigada nos manejos de solo com preparo convencional, plantio direto e com camalhão em terras baixas. Itaqui, RS, Brasil.

Ano agrícola/ Irrigação	2016/17			2017/18		
	Preparo convencional	Plantio direto	Camalhão	Preparo convencional	Plantio direto	Camalhão
	-----Produtividade de grãos (Mg ha <sup>-1</sup> )-----					
Irrigado	4,01 a*	4,15 <sup>ns</sup>	3,85	5,09 a	4,93 a	5,17 a
Não irrigado	3,15 b	3,77	3,60	3,37 bB	4,04 bA	3,42 bAB
CV(%)		9,5			8,9	

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup> Não significativo ao nível de 5% de probabilidade. # Não houve interação entre os fatores e diferenças no fator manejo de irrigação (não apresentados).

Na segunda safra o tratamento sem irrigação no manejo do solo plantio direto resultou em incremento de produtividade de grãos em 20%, em relação ao preparo convencional. Os manejos de solo, quando irrigados, também proporcionaram maior produtividade de grãos, alcançando produtividade média de 5,06 Mg ha<sup>-1</sup>, enquanto naqueles não irrigados, a produtividade foi 3,61 Mg ha<sup>-1</sup>. Dessa forma, com maiores períodos sem chuvas, demandou maior número de irrigações, aumentando a produtividade de grãos em 40 %.

De forma geral, com os resultados encontrados para a produtividade de grãos de soja irrigada, o cultivo sobre camalhão pode ser uma estratégia em anos de maiores volumes de chuvas ou com necessidade de irrigação. Quando irrigado (nos sulcos) a frequência de períodos de baixa aeração no solo são menores (Gubiani et al., 2018). Por outro lado, o cultivo de soja no manejo do solo plantio direto, desde que não compactado, ocasiona menores riscos tanto para excesso, quando déficit hídrico para a produção de soja em áreas de terras baixas, melhorando disponibilidade hídrica no solo e desenvolvimento radicular (Williams e Weil, 2004).

## Conclusões

1. O manejo do solo com preparo convencional aumenta a resistência do solo à penetração mecânica próximo a 0,1 m de profundidade em solos de terras baixas, podendo restringir o desenvolvimento do sistema

radicular, aumentando o risco de estresse por déficit ou excesso hídrico para a cultura da soja.

2. A irrigação na cultura da soja pode aumentar em 40% a produtividade de grãos, em anos de distribuição irregular de chuva.

## Referências

- ASSIS, R. L. et al. Avaliação da resistência do solo à penetração em diferentes solos com a variação do teor de água. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 4, p. 558–568, 2009.
- BEUTLER, A. N. et al. Soil hydric excess and soybean yield and development in Brazil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, n. 4, p. 1461–1466, 2014.
- CONAB– Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da Safra de Grãos – 9º Levantamento – Safra 2024/25**. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/9o-levantamento-safra-2024-25>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- DENARDIN, L. G. de O. et al. No-tillage increases irrigated rice yield through soil quality improvement along time. **Soil and Tillage Research**, v. 186, n.1, p. 64–69, 2019.
- GIACOMELI, R. et al. Physical Properties and Crop Management for Corn in an Albaqualf. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, n.1, p. 1–14, 2017.
- GUBIANI, P. I. et al. Transpiration reduction factor and soybean yield in low land soil with ridge and chiseling. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, n.1, p. 1–14, 2018.
- MARCHESAN, E. Limitações e possibilidades de soja em áreas de arroz. In: MARTIN, T. N.; PIRES, J. L. F.; VEY, R. T. (Org.) **Tecnologias aplicadas para o manejo rentável e eficiente da cultura da soja**. Santa Maria/RS: Editora GR, p. 341-368, 2022.
- MARCOLIN, C. D.; KLEIN, V. A. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 349-354, 2011.
- REICHERT, J. M. et al. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil and Tillage Research**, v. 102, n. 1, p. 242–254, 2009.
- REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA DA REGIÃO SUL, 43. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2022/2023 e 2023/2024**. Martin et al (Org.). Santa Maria: Editora GR, 2022. 136p.
- WILLIAMS, S. M.; WEIL, R. R. Crop Cover Root Channels May Alleviate Soil Compaction Effects on Soybean Crop. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, n.1, p. 1403-1409, 2004.

## **Culturas de outono/inverno e escarificação do solo influenciando a produtividade e as concentrações de proteína e óleo em grãos de soja**

Alison de Meira Ramos<sup>(1)</sup>, Silas Maciel de Oliveira<sup>(2)</sup>, Laura Alievi Tirelli<sup>(3)</sup>, Julio Cezar Franchini<sup>(4)</sup>, Henrique Debiasi<sup>(4)</sup>, Marcelo Alvares de Oliveira<sup>(4)</sup> e Alvadi Antonio Balbinot Junior<sup>(5\*)</sup>

<sup>(1)</sup> Estudante de mestrado, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR. <sup>(2)</sup> Professor, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR. <sup>(3)</sup> Estudante de mestrado, Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages, SC. <sup>(4)</sup> Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR. <sup>(5)</sup> Pesquisador, Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. <sup>(\*)</sup> alvadi.balbinot@embrapa.br.

**Resumo** – A compactação do solo é um dos principais fatores que limitam a produtividade da soja em sistema plantio direto. A utilização de culturas de outono/inverno associada à escarificação do solo pode modificar vários atributos do solo e, conseqüentemente, a produtividade e a composição dos grãos de soja. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos combinados de culturas de outono/inverno e escarificação do solo sobre a produtividade e as concentrações de proteína e óleo nos grãos de soja. A escarificação não influenciou a produtividade e as concentrações de proteína e óleo nos grãos de soja. As maiores produtividades de soja ocorreram em sucessão ao trigo. Os maiores teores de proteína ocorreram quando a soja foi cultivada após cobertura com braquiária ruziziensis.

**Termos para indexação:** *Glycine max* L. Merr., Sistema Plantio Direto, teores de proteína e óleo nos grãos.

### **Autumn/winter crops and soil scarification affecting the yield and protein and oil concentrations in soybean**

**Abstract** – Soil compaction is one of the main factors limiting soybean yield in no-tillage systems. The interaction between autumn/winter crops and soil scarification can influence several soil attributes and, consequently, soybean yield and grain composition. The objective of this study was to evaluate the combined effects of autumn/winter crops and soil scarification on soybean yield, as well as on grain protein and oil concentrations. After two years, soil scarification did not affect soybean yield or protein and oil concentrations. The highest soybean yields occurred in succession to wheat. The highest protein contents occurred in soybeans planted after using ruzigrass as a cover crop.

**Index terms:** *Glycine max* L. Merr., No-tillage system, protein and oil concentration.

## **Introdução**

A compactação do solo é um dos principais fatores que limitam a produtividade da soja em Sistema Plantio Direto (SPD). Em geral, a

compactação está associada à utilização de modelos de produção pouco diversificados. Nas regiões Norte e Oeste do Paraná, o modelo de produção preponderante é a sucessão soja-milho segunda safra, o qual confere intensificação do uso da terra, insumos, máquinas e mão de obra (Yokoyama et al., 2022). Todavia, um problema associado a essa sucessão de culturas, quando utilizada por vários anos consecutivos, é a compactação do solo, notadamente na camada de 10-20 cm de profundidade (Bertollo et al., 2021).

Uma prática que vem sendo utilizada para reduzir esse problema é a escarificação esporádica do solo em SPD, visando reduzir a resistência à penetração de raízes no perfil do solo. No entanto, os efeitos desta prática, associados a diferentes culturas de outono/inverno, sobre o desempenho da soja, ainda não foram adequadamente elucidados. Culturas como milho segunda safra, trigo e cobertura do solo com braquiária *ruziziensis* possuem diferentes características morfofisiológicas, inclusive do sistema radicular, o que pode determinar distintas capacidades de reestruturar o solo após a mobilização decorrente da escarificação e da gradagem de nivelamento.

Além da produtividade da soja, as culturas de outono/inverno podem influenciar as concentrações de proteína e óleo nos grãos de soja em sucessão, em SPD (Balbinot Junior et al., 2024a) e a interação destas com a escarificação do solo sobre a composição dos grãos de soja ainda não é conhecida. Salienta-se que, nas últimas décadas, tem ocorrido redução das concentrações de proteína nos grãos de soja, gerando preocupação nas indústrias que fabricam o farelo proteico (Umburanas et al., 2023). Apesar do produtor rural não ser remunerado pela concentração de proteína nos grãos de soja, o conhecimento e a utilização de práticas de manejo que aumentem essa concentração pode ser relevante para aumentar a competitividade da soja brasileira no mercado global.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos combinados de culturas de outono/inverno e da escarificação do solo sobre a produtividade e as concentrações de proteína e óleo nos grãos de soja.

## Material e métodos

O experimento foi implantado em março de 2016, em Londrina, Paraná, Brasil (23°11'37"S 51°11'03"W, altitude 630 m). O clima é classificado como subtropical chuvoso (Cfa), de acordo com a classificação de Köppen. O solo da área, segundo o sistema brasileiro de classificação de solos, é identificado como Latossolo Vermelho distroférico, com os seguintes atributos físicos e químicos na camada de 0-20 cm: 710 g kg<sup>-1</sup> de argila, 82 g kg<sup>-1</sup> de silte e 208 g kg<sup>-1</sup> de areia; C (Walkley Black) – 17,8 g dm<sup>-3</sup>; pH em CaCl<sub>2</sub> - 5,1; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> (SMP) – 5,2 cmolc dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> (Mehlich 1) – 0,85 cmolc dm<sup>-3</sup>; P (Mehlich 1) – 36,9 mg dm<sup>-3</sup>; Ca (KCl) – 4,41 cmolc dm<sup>-3</sup> e Mg (KCl) – 1,52 cmolc dm<sup>-3</sup>. Antes da implantação do experimento, a área vinha sendo manejada há 15 anos em SPD.

O delineamento experimental adotado foi em blocos completos casualizados, com cinco repetições, em esquemas de parcelas subdivididas. Desde 2016, foram avaliadas quatro sucessões de culturas nas mesmas parcelas: soja/milho segunda safra; soja/braquiária *ruziziensis* como cobertura do solo; soja/trigo; e soja/pousio (sem cultivo de outono/inverno e com controle da vegetação espontânea). Em março de 2023, as parcelas foram divididas em duas subparcelas, com e sem escarificação. Neste momento, a densidade média do solo na camada de 10-20 cm era de 1,33 Mg m<sup>-3</sup>, enquanto nas camadas de 0-10 cm e de 20-30 cm era de 1,28 Mg m<sup>-3</sup>, indicando um adensamento na camada de 10-20 cm. Utilizou-se um escarificador com cinco hastes, atuando a 30 cm de profundidade. Após, foram realizadas duas gradagens para destorroamento e nivelamento do solo. Neste trabalho são apresentados resultados relacionados à soja da safra 2024/2025. A cultivar utilizada foi a BRS 1061IPRO, semeada em outubro de 2024, em espaçamento de 0,45 m e 300 mil plantas ha<sup>-1</sup>, com adubação visando produtividade de 5 t ha<sup>-1</sup>. Foram avaliadas a produtividade da soja, com dados corrigidos para 13% de umidade; e as concentrações de óleo e proteína de grãos inteiros, determinadas por espectroscopia de refletância no infravermelho próximo (Heil, 2010), sendo os dados expressos em base seca.

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste F. Quando constatados efeitos significativos dos tratamentos, os mesmos foram comparados pelo teste t (LSD). Em todas as análises foi considerado  $p < 0,05$ .

## Resultados e discussão

Não houve interação significativa entre as culturas de outono/inverno e a escarificação do solo para a produtividade e concentrações de proteína e óleo nos grãos de soja. As produtividades de soja foram baixas, em função do déficit hídrico ocorrido no enchimento dos grãos. Na oitava safra após a implantação do experimento (safra 2024/205), a cultura do trigo proporcionou a maior produtividade da soja em sucessão, enquanto a soja cultivada após o pousio apresentou a menor produtividade (Tabela 1). Esses resultados são consistentes com as médias das safras anteriores, nas quais as maiores produtividades de soja foram observadas após cobertura com ruziziensis e trigo e as menores após o pousio (Balbinot Junior et al., 2024a).

As culturas de outono/inverno também influenciaram as concentrações de proteína e óleo nos grãos de soja (Tabela 1). A maior concentração de proteína e a menor concentração de óleo foram observadas nos grãos provenientes da soja cultivada em sucessão à cobertura do solo com braquiária ruziziensis, enquanto os demais tratamentos não diferiram entre si. Esses dados corroboram com os obtidos em safras anteriores, nas quais também se observou maiores teores de proteína nos grãos de soja cultivada após ruziziensis como plana de cobertura (Balbinot Junior et al., 2024a e 2024b).

**Tabela 1.** Produtividade e teores de proteína e óleo em grãos de soja em função de culturas de outono/inverno (médias com e sem escarificação do solo). Londrina, PR, safra 2024/2025

Culturas de outono/inverno	Produtividade da soja (kg ha <sup>-1</sup> )	Concentração de proteína nos grãos (%)	Concentração de óleo nos grãos (%)
Milho segunda safra	3493 ab <sup>1</sup>	36,3 b	23,1 a
Trigo	3826 a	36,4 b	23,6 a
Ruziziensis para cobertura	3406 ab	39,1 a	21,9 b
Pousio	3083 b	39,9 b	23,4 a
C.V. (%)	20,1	3,2	4,5

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste t (LSD) ( $p < 0,05$ ).

Após dois anos da realização da escarificação, a mesma não influenciou a produtividade da soja (Tabela 2). Da mesma forma, as concentrações de proteína e óleo nos grãos de soja também não foram influenciadas por essa

prática. Embora a escarificação possa reduzir a resistência à penetração de raízes no perfil do solo, ela também pode comprometer a capacidade do solo em reter água, limitando seus efeitos positivos sobre a produtividade da soja. Nesse sentido, é necessária análise criteriosa do histórico de produtividade dos talhões, associada à análise da estrutura do solo, por meio, por exemplo, do Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo - DRES (Ralisch et al., 2017), para fundamentar a realização da escarificação.

**Tabela 2.** Produtividade e teores de proteína e óleo em grãos de soja em função da escarificação do solo (médias de quatro culturas de outono/inverno). Londrina, PR, safra 2024/2025

Escarificação	Produtividade da soja (kg ha <sup>-1</sup> )	Concentração de proteína nos grãos (%)	Concentração de óleo nos grãos (%)
Sem	3571 a <sup>1</sup>	37,4 a	23,0 a
Com	3334 a	37,0 a	22,9 a
C.V. (%)	14,9	3,8	2,6

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste t (LSD) (p<0,05).

Conclusões

1. Após duas safras da escarificação, a mesma não influenciou a produtividade e as concentrações de proteína e óleo nos grãos de soja, independentemente das culturas de entressafra.
2. As maiores produtividades de soja ocorreram em sucessão ao trigo.
3. Os maiores teores de proteína nos grãos de soja foram observados quando a soja foi implantada em sucessão à cobertura do solo com braquiária ruziziensis.

Referências

BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; OLIVEIRA, M. A.; COELHO, A. E.; MORAES, M. T. Soybean yield, seed protein and oil concentration, and soil fertility affected by off-season crops. **European Journal of Agronomy**, v. 153, p. 127039, 2024a.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; COELHO, A. E.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; OLIVEIRA, M. A.; NOGUEIRA, M. A. Effects of N-fertilization and off-season crops on soybean yield and grain protein and oil concentrations in a tropical climate. **International Journal of Plant Production**, v. 18, p. 35-48, 2024b.



BERTOLLO, A. M.; MORAES, M. T. de; 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.

HEIL, C., 2010. **Rapid, multi-component analysis of soybeans by FT-NIR spectroscopy**. Thermo Sci. 1–3.

RALISCH, R.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C.; MELO, A. da S.; SANTI, A.; MARTINS, A. L. da S.; BONA, F. D. de. **Diagnóstico rápido da estrutura do solo - DRES**. Londrina: Embrapa Soja, Documentos, 390. 63 p. 2017.

UMBURANAS, R. C.; KAWAKAMI, J.; AINSWORTH, E.A.; FAVARIN, J. L.; ANDERLE, L. Z.; DOURADO-NETO, D.; REICHARDT, K. Changes in soybean cultivars released over the past 50 years in southern Brazil. **Scientific Reports**, v. 12, 508, 2022.

YOKOYAMA, A. H.; ZUCARELI, C.; COELHO, A. E; NOGUEIRA, M. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Precrops and N-fertilizer impacts on soybean performance in tropical regions of Brazil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 44, e54650, 2022.

## **Coinoculação de soja com vesículas de membrana: efeitos sobre produtividade e massa de mil grãos**

Rafaela Leopoldina Silva Nunes<sup>(1\*)</sup>, Edgar Salis Brasil Neto<sup>(1)</sup>, Fernando Sintra Fulaneti<sup>(1)</sup>, Lucas Nascimento Brum<sup>(1)</sup>, Helena Ramos Pinto<sup>(2)</sup>, Léo Antônio Limberger Speth<sup>(2)</sup>, Jenifer Souza da Silva<sup>(2)</sup>, Rafael Noro<sup>(2)</sup>, Sara Jordana Zanatta<sup>(2)</sup>, Lucas Pedroso<sup>(2)</sup>, Thomas Newton Martin<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Estudante de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS. <sup>(2)</sup> Estudante de graduação do curso de agronomia, UFSM, Santa Maria, RS. <sup>(3)</sup> Professor adjunto do Departamento de Fitotecnia, UFSM, Santa Maria, RS. (\*) rafaelaleopoldina@outlook.com

**Resumo** – Objetivou-se avaliar os efeitos da inoculação e coinoculação de microrganismos com a adição vesículas de membrana externa (VM) sobre a produtividade de grãos e massa de mil grãos da soja. O experimento foi conduzido em Caçapava do Sul-RS, nas safras 23/24 e 24/25, em delineamento de blocos casualizados com dez tratamentos. Cada safra foi influenciada por um balanço hídrico com déficit e excesso, apesar disso, a produtividade foi significativamente influenciada pelos tratamentos, com destaque para as combinações com VM. A massa de mil grãos não apresentou diferença estatística. A coinoculação molecular demonstrou ser uma estratégia viável para otimizar o rendimento da soja, mesmo sob condições climáticas adversas.

**Termos para indexação:** *Bradyrhizobium japonicum*, *Glycine max*, inoculação.

### **Soybean co-inoculation with membrane vesicles: effects on productivity and thousand-grain weight**

**Abstract** – The aim of this study was to evaluate the effects of inoculation and co-inoculation of microorganisms with the addition of outer membrane vesicles (VM) on grain yield and thousand-grain weight of soybean. The experiment was conducted in Caçapava do Sul, RS, in the 23/24 and 24/25 harvests, in a randomized block design with ten treatments. Each harvest was influenced by a water balance with deficit and excess; nevertheless, productivity was significantly influenced by the treatments, especially the combinations with VM. The thousand-grain weight did not show statistical difference. Molecular co-inoculation proved to be a viable strategy to optimize soybean yield, even under adverse weather conditions.

**Index terms:** *Bradyrhizobium japonicum*, *Glycine max*, inoculation.

## **Introdução**

A biotecnologia agrícola tem impulsionado os sistemas de produção ao incorporar ferramentas moleculares no manejo das culturas, especialmente no

fortalecimento das interações planta-microrganismo (SARSAIYA et al., 2024). Entre essas inovações, destacam-se os microrganismos benéficos e as vesículas de membrana externa (VM), estruturas esféricas de 20 a 300 nm, liberadas por bactérias Gram-negativas. Compostas por proteínas, lipídios e lipopolissacarídeos, as VM atuam como agentes sinalizadores, transportadores e moduladores de processos fisiológicos, favorecendo o desenvolvimento vegetal e o biocontrole (RUDNICKA et al., 2022). Na cultura da soja (*Glycine max*), principal commodity agrícola brasileira, o uso de biotecnologias que otimizam a fixação biológica de nitrogênio e promovem o crescimento vegetal é uma estratégia sustentável para aumentar a produtividade. A inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* é essencial nesse processo, e a coinoculação com *Azospirillum brasilense* — conhecido por estimular o enraizamento e a absorção de nutrientes via produção de fitormônios — tem mostrado resultados positivos, inclusive em condições de estresse (MARTIN et al., 2023). Nesse contexto, a adição de VM à inoculação e coinoculação surge como uma inovação promissora, embora ainda pouco explorada em condições de campo. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de microrganismos com e sem VM sobre a produtividade e a massa de mil grãos da soja em ambiente de campo.

## **Material e métodos**

### **- Caracterização do local, tratamentos e delineamento experimental**

O experimento foi conduzido em condições de campo, no município de Caçapava do Sul, estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Na propriedade rural (30° 22' S; 53° 31' W a 430 m de altitude) pertencente ao Grupo La Trinidad, nas safras agrícolas 2023/24 e 2024/25. O solo da área experimental do município de Caçapava do Sul é predominantemente classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (SANTOS et al., 2018), com as seguintes características físico-química (Tabela 1). A região possui um microclima denominado de mesotérmico subtropical úmido, segundo a classificação de Köppen, como subtropical úmido (Cfa) (MORENO, 1961). A temperatura média anual é de 18°C, com precipitação média anual entre 1.400 a 1.600 mm, com o

maior volume de chuvas concentrado apenas no período de inverno (ALVARES et al., 2013).

**Tabela 3.** Resumo da análise físico-química do solo da área experimental em Caçapava do Sul (RS), 2023.

Local	Camada (cm)	pH	MO -----%-----	Argila	P -----mg/dm <sup>3</sup> -----	K	S	Ca -cmolc/dm <sup>3</sup> -	Mg	M -----%-----	V
Caçapava do Sul	0 - 20	5,1	2,4	22	10,9	159,1	9,2	5,8	2,5	5,4	68,0

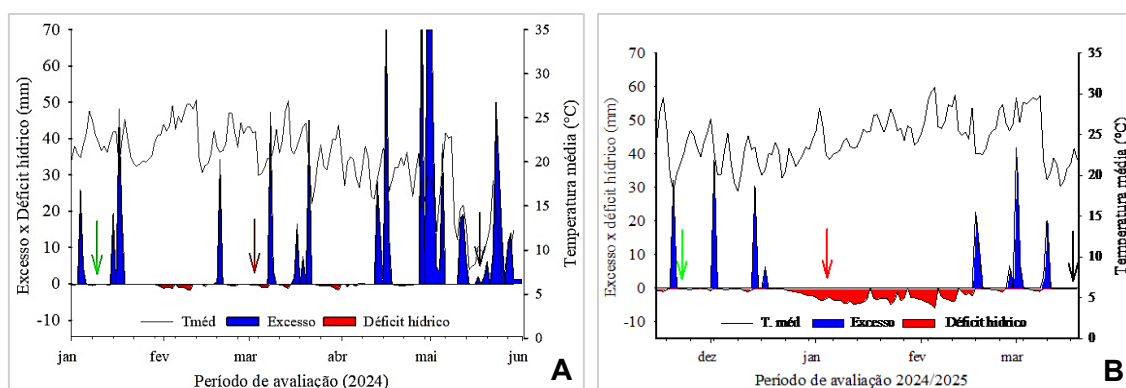
pH: Potencial Hidrogeniônico, MO: Matéria orgânica, P: Fósforo, K: Potássio, S: Enxofre, Ca: Cálcio, Mg: Magnésio, M: Saturação por Alumínio e V: Saturação por bases.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados contendo dez tratamentos, com quatro repetições, detalhados na Tabela 2. Totalizando quarenta unidades experimentais em cada local, as quais possuem cinco fileiras espaçadas em 0,45m entre si e 7,25m de comprimento, com um total de 17,4 m<sup>2</sup>. Foram avaliados dez tratamentos de inoculação via sementes de soja nas safras 2023/24 e 2024/25, conduzidas em Caçapava do Sul: (1) Testemunha, sem inoculação; (2) Inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* (Bj1), composto pelas cepas SEMIA 5079 e 5080; (3) Inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* (Bj2), composto pelas cepas CCT 4065 e SEMIA 586; (4) Coinoculação com Bj1 e Bj2; (5) Coinoculação com Bj1, Bj2 e *Azospirillum brasilense* (Ab), contendo as cepas AbV5 e AbV6; (6) Controle com aplicação exclusiva de vesículas de membrana (VM); (7) Inoculação com Bj1 associada à adição de VM; (8) Inoculação com Bj2 associada à adição de VM; (9) Coinoculação com Bj1 e Bj2 associada à adição de VM; (10) Coinoculação com Bj1, Bj2, Ab e adição de VM. Todas as formulações bacterianas foram utilizadas com concentração mínima de 10<sup>9</sup> unidades formadoras de colônia por mililitro.

#### - Condução dos experimentos a campo

O processo de inoculação e coinoculação das sementes foi realizado em ambiente sombreado, cerca de uma hora antes da semeadura. Inicialmente, foram pesados 1,5 kg de sementes por tratamento, acondicionados em sacos plásticos de polietileno devidamente identificados. Em seguida, aplicou-se a calda de inoculante conforme os tratamentos descritos na Tabela 2, seguida de homogeneização manual para garantir a distribuição uniforme dos

microrganismos sobre as sementes. A semeadura do experimento foi realizada em 07 de janeiro de 2024 na safra 23/24 e 17 de dezembro de 2024 na safra 24/25. Utilizando a cultivar BRASMAX ZEUS IPRO, com grupo de maturação relativa 5.5 e tipo de crescimento indeterminado, com densidade de semeadura de 14 sementes por metro linear para ambas safras, das quais foram livres de tratamento químico e industrial de inseticida e fungicida nas sementes. A adubação foi realizada com a formulação 00-23-23, seguindo as recomendações técnicas para cultura da soja do Manual de Adubação e Calagem do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS, 2016). Os demais tratos culturais e controle de insetos-praga e doenças foliares serão realizados conforme as Indicações Técnicas para a Cultura da soja (MARTIN et al., 2022). Os dados de balanço hídrico com o déficit e excedente hídrico e temperatura que ocorreram durante as safras foram obtidos da estação meteorológica automática INMET, sendo demonstrados na Figura 1.

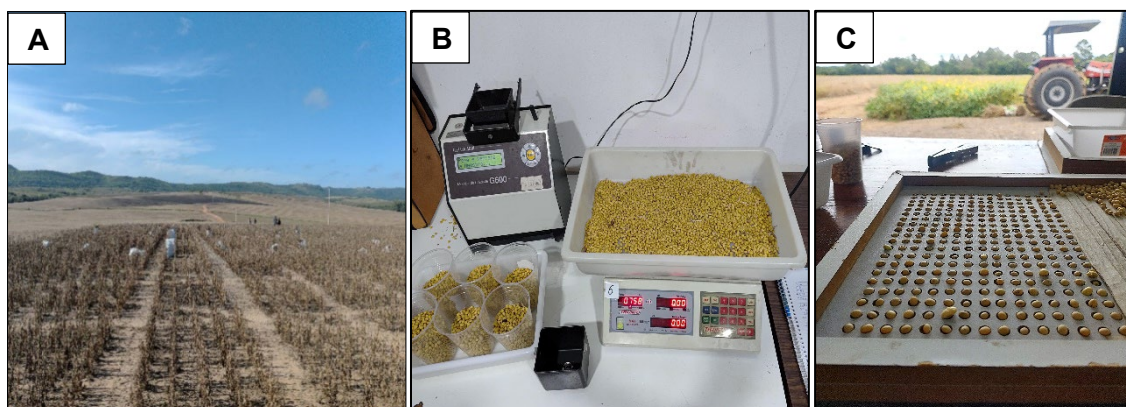


As setas indicam o momento da semeadura (verde), florescimento (vermelha) e colheita (preta).

**Figura 1.** Balanço hídrico da área experimental, considerando a temperatura média mensal ( $^{\circ}\text{C}$ ), excesso e déficit hídrico (mm) na safra 2023/2024 (A) e safra 2024/2025 (B).

#### - Parâmetros avaliados

No estágio fenológico R8 (maturação da planta), foi realizada a avaliação da produtividade de grãos (PG), por meio da colheita manual da área útil de 6  $\text{m}^2$  de cada unidade experimental. Sendo posteriormente realizada a trilha, retirada de impurezas das amostras, pesagem e a correção da umidade dos grãos para 13 % e massa de mil grãos (MMG).



**Figura 2.** Avaliações: A - Colheita manual das unidades experimentais, B – Pesagem e umidade das amostras e C - Contagem dos grãos para MMG.

### - Análise estatística

Os resultados decorrentes das avaliações dos experimentos foram submetidos à análise de variância e a comparação das médias dos tratamentos foi realizada com uso do teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro. Nas análises estatísticas foi empregado o programa Sisvar, versão 5.3 (FERREIRA, 2019).

### Resultados e discussão

O balanço hídrico (Figura 1) indica excesso e déficit de chuvas nos estádios iniciais e finais do ciclo nas safras 2023/24 e 24/25, respectivamente, o que comprometeu o estabelecimento das plantas e pode ter afetado a qualidade e o enchimento dos grãos na fase de maturação em ambos os períodos, impactando os resultados dos tratamentos (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância com os quadrados médios para as variáveis: massa de mil grãos (MMG, g) e produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>). Caçapava do Sul - RS, Safras 2023/2024 e 2024/2025.

		Safra 2023/2024		Safra 2024/2025	
FV	GL	MMG	PG	MMG	PG
Tratamentos	9	83,293 <sup>ns</sup>	470094,76*	31,998 <sup>ns</sup>	334417,400*
Bloco	3	27,471 <sup>ns</sup>	114826,30 <sup>ns</sup>	129,624*	132772,566 <sup>ns</sup>
Erro	27	192,011	216346,59	17,007	94913,288
Média	-	177,25	3337,05	105,514	2281,350
CV%	-	7,82	13,94	3,91	13,50

\*, e ns, significativo a 5% e não significativo respectivamente, pelo teste F; FV: fonte de variação.

Na safra 2023/24, houve diferença significativa entre tratamentos para a produtividade de grãos (PG), enquanto a massa de mil grãos (MMG) não

apresentou variação estatística (Tabela 3). A maior PG foi observada no tratamento com coinoculação de (Bj1 + Bj2 + Ab + VM), que atingiu uma média de 3759 kg ha<sup>-1</sup>, representando um incremento de aproximadamente 51,6% em relação à testemunha. Na safra 2024/25, a produtividade também foi influenciada pelos tratamentos, com destaque novamente para os tratamentos com vesículas, apesar da redução geral nos valores médios, atribuída à instabilidade hídrica da safra. A PG da safra 24/25 (Tabela 3) variou entre 1.753 kg ha<sup>-1</sup> (testemunha) a 2.547 kg ha<sup>-1</sup> (Bj1 + Bj2 + Ab), representando um incremento absoluto de 794 kg ha<sup>-1</sup>, aproximadamente 45% quando comparado à testemunha. Enquanto, a MMG não apresentou diferenças significativas. Esse resultado evidencia o efeito sinérgico entre os microrganismos promotores de crescimento como o *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*, associado com as VM, as quais podem ter potencializado o sinergismo e comunicação celular, favorecendo o rendimento final de grãos da cultura e corroborando com os estudos realizados por Martin et al. (2023).

**Tabela 3.** Massa de mil grãos (MMG, g) em função da inoculação e coinoculação de microrganismos. Caçapava do Sul - RS. Safra 2023/24.

TRATAMENTOS	Safra 2023/2024		Safra 2024/2025	
	MMG	PG	MMG	PG
Testemunha	172,30 <sup>ns</sup>	2479b	107,55 <sup>ns</sup>	1753b
(Bj1)	173,16	3310a	107,60	2238a
(Bj2)	177,04	3303a	107,42	2383a
(Bj1) + (Bj2)	170,66	3256a	106,34	2430a
(Bj1) + (Bj2) + (Ab)	170,66	3287a	108,60	2547a
(VM)	179,68	3369a	106,46	2535a
(Bj1) + (VM)	182,67	3448a	104,64	2108a
(Bj2) + (VM)	181,36	3555a	99,13	2254a
(Bj1) + (Bj2) + (VM)	175,15	3605a	104,16	2421a
(Bj1) + (Bj2) + (Ab) + (VM)	184,00	3759a	103,20	2252a

Bj1: *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 5079 e 5080; Bj2: *Bradyrhizobium japonicum* CCT 4065 SEMIA 586; Ab: *Azospirillum brasilense*; VM: Vesícula de membrana.

## Conclusões

A coinoculação com vesículas de membrana e microrganismos promoveu aumento significativo na produtividade da soja, com destaque para os tratamentos combinados com *Azospirillum brasilense*. A estratégia se mostra promissora para uso em campo, inclusive sob condições climáticas adversas, mas, ainda requer mais testes.

## Referências

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS / SC – CQFS. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-Núcleo Regional Sul, 2016. 376p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- MARTIN, T. N. et al. How did the coinoculation of Bradyrhizobium and Azospirillum become indispensable for soybean production in Brazil? **Symbiosis**, v. 91, n. 1-3, p. 119–137, 2023.
- MARTIN, T. N. et al. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2022/2023 e 2023/2024**. Santa Maria: Editora GR, 2022, 136 p.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura. n. 11, 1961.
- RUDNICKA, M. et al. Outer Membrane Vesicles as Mediators of Plant–Bacterial Interactions. **Frontiers in Microbiology**, v. 13, 2022.
- SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Embrapa, Brasília. 5ª ed. 2018.
- SARSAIYA, S. et al. Editorial: Futuristic plant microbes biotechnology and bioengineering. **Frontiers in Microbiology**, v. 15, 2024.



## **Sobrevivência de microrganismos em diferentes pressões de pulverização no sistema de inoculação de sementes por gravidade**

Lucas Pedro Cipriani<sup>(1)</sup>, Lucas Nascimento Bum<sup>(2)</sup>, Laís de Paula Ribeiro<sup>(1)</sup>, Edgar Salis Brasil Neto<sup>(2)</sup>, Lucas Pedroso Bilhalva<sup>(3)</sup> e Thomas Newton Martin<sup>(4\*)</sup>

<sup>(1)</sup> Estudante de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS. <sup>(2)</sup> Estudante de doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS. <sup>(3)</sup> Estudante de graduação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS. <sup>(4)</sup> Professor Doutor Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS. \*martin.ufsm@gmail.com

**Resumo** – Pesquisas sobre pressão de pulverização com bioinsumos microbiológicos são escassas para todos os microrganismos, e apresentam resultados divergentes. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade de oito microrganismos submetidos a pressões de pulverização em um sistema de inoculação de sementes por gravidade. Desta forma, avaliou-se faixas de pressão: 0, 1, 2, 3 e 4 bar. Os resultados indicaram que *Azospirillum brasilense* e *Streptomyces avermitilis* não apresentaram alteração de viabilidade em função da pressão. Enquanto, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus*, *Chromobacterium subtsugae*, *Pseudomonas Fluorescence* e *Saccharopolyspora spinosa* tiveram sua viabilidade reduzida com o aumento da pressão de pulverização.

**Termos para indexação:** tecnologia de aplicação, microrganismos, viabilidade.

### **Survival of microorganism at different spraying pressures in the gravity seed inoculation system**

**Abstract** – Research on spray pressure with microbiological bioinputs is scarce for all microorganisms and presents divergent results. The present study aimed to evaluate the viability of eight microorganisms subjected to spray pressures in a gravity seed inoculation system. Thus, pressure ranges were evaluated: 0, 1, 2, 3 and 4 bar. The results indicated that *Azospirillum brasilense* and *Streptomyces avermitilis* did not present changes in viability as a function of pressure. Meanwhile, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus*, *Chromobacterium subtsugae*, *Pseudomonas fluorescense* and *Saccharopolyspora spinosa* had their viability reduced with increasing spray pressure.

**Index terms:** application technology, microorganisms, viability.

### **Introdução**

Bioinsumos englobam produtos, processos ou tecnologias de origem biológica aplicados na produção agropecuária, aquícola e florestal (Brasil, 2020). Entre eles estão os inoculantes, biofertilizantes, biopesticidas e bioestimulantes (Borsari e Vieira, 2022). O uso desses insumos tem crescido nos últimos anos

— em 2024, foram entregues 206 milhões de doses de inoculantes no Brasil (ANPIL, 2025).

Para garantir a eficácia dos bioinsumos aplicados via pulverização, é essencial atenção à tecnologia de aplicação. Fatores como armazenamento, agitação da calda, formulação, uso de adjuvantes e interação com componentes hidráulicos do pulverizador influenciam diretamente a viabilidade dos microrganismos (Oliveira et al., 2022).

Durante a aplicação, os microrganismos entram em contato com válvulas, filtros, bombas e bicos de pulverização, sendo submetidos a diferentes pressões e condições que podem comprometer sua sobrevivência. Estudos mostram que variáveis como a pressão de pulverização (Kumar et al., 2023a), diâmetro dos bicos (Kumar et al., 2023b), volume da calda e tempo de recirculação (Doruchowski et al., 2015) podem reduzir a viabilidade microbiana.

Portanto, é fundamental investigar como diferentes pressões de pulverização afetam a sobrevivência dos microrganismos. Este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade de microrganismos submetidos a distintas pressões durante a pulverização, contribuindo com informações técnicas para o uso mais eficiente de bioinsumos.

## Material e métodos

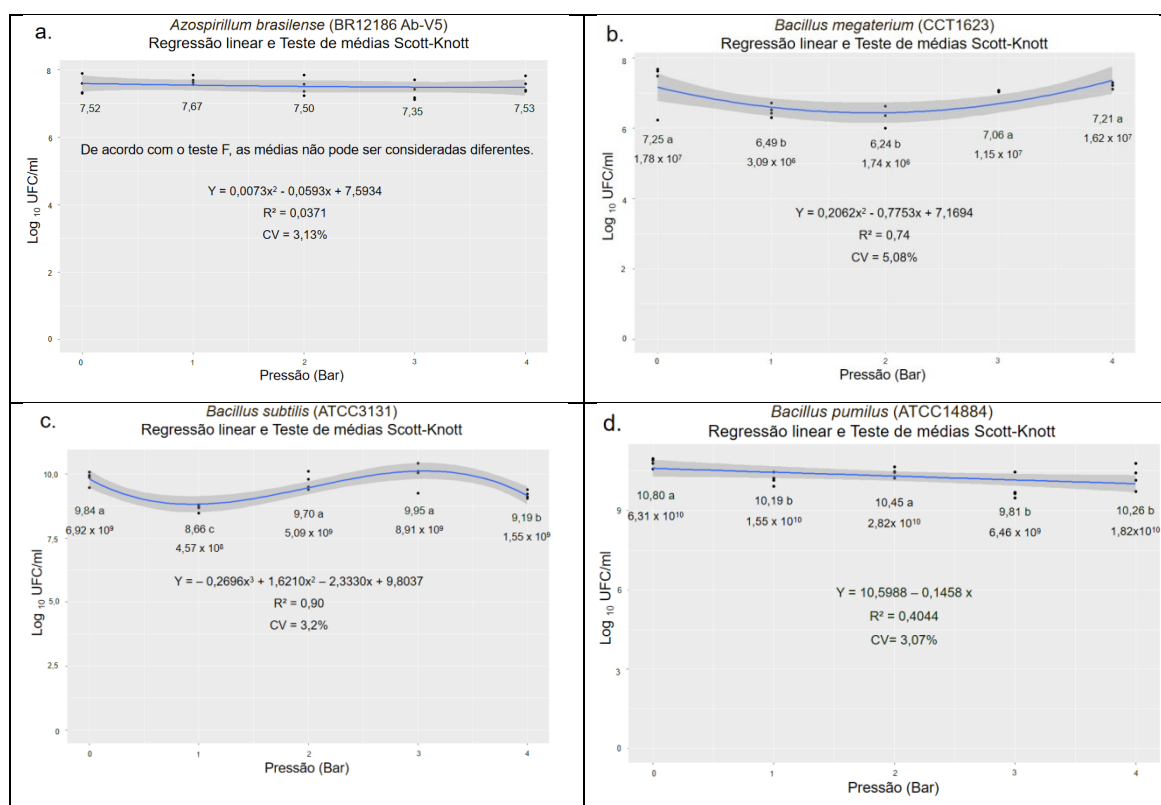
O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizados em que cada microrganismo foi testado separadamente em relação as pressões de pulverização. Foram avaliados oito microrganismos: *Azospirillum brasilense* (BR12186 Ab-V5), *Bacillus megaterium* (CCT1623), *Bacillus subtilis* (ATCC3131), *Bacillus pumilus* (ATCC14884), *Chromobacterium subtsugae* (CBMAI1092), *Pseudomonas fluorescens* (ATCC13525), *Saccharopolyspora spinosa* (CCT4565) e *Streptomyces avermitilis* (CBMAI2816). As pressões de pulverização testadas foram de 0, 1, 2, 3 e 4 bar. Antes do início das aplicações, o sistema de pulverização por gravidade foi higienizado com triplice lavagem utilizando água fervente, seguido de enxágue com álcool 70% e água deionizada. Após agitação das suspensões microbianas por 10 minutos, estas foram adicionadas ao tanque do pulverizador. Para cada pressão, as amostras

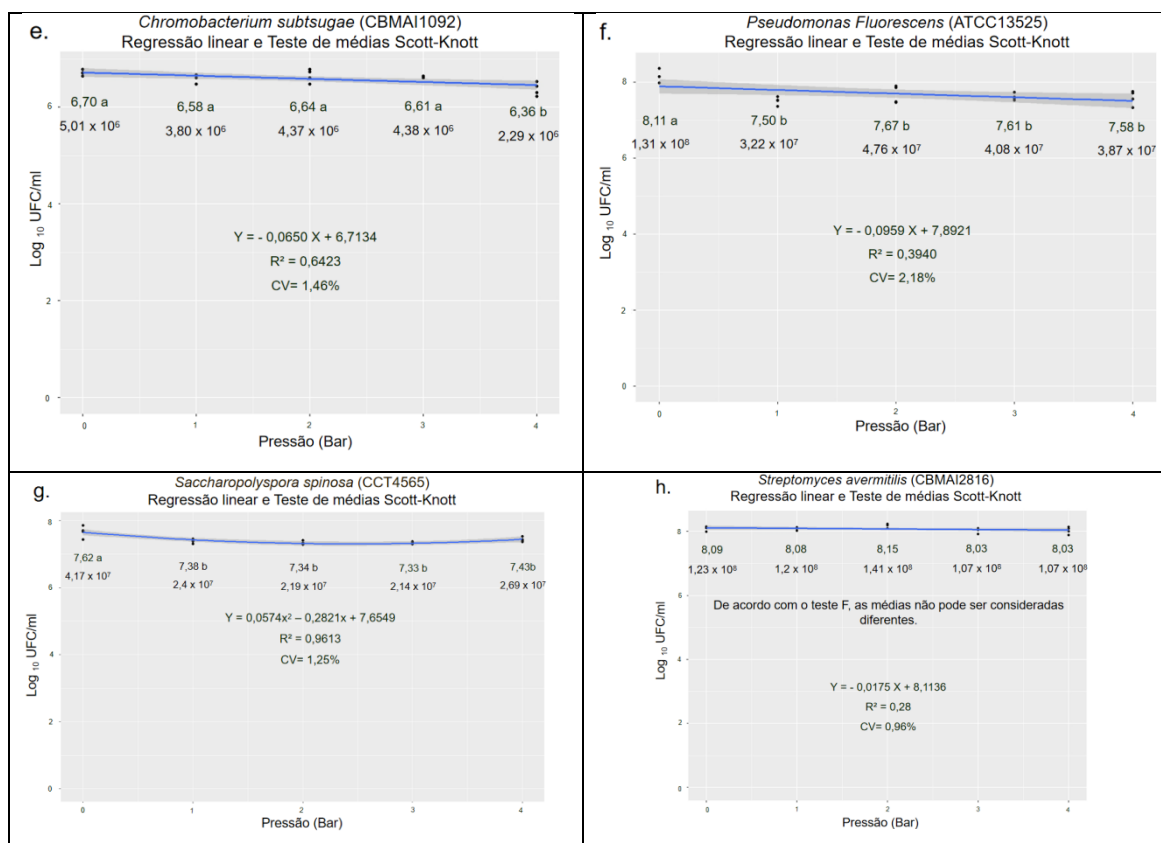
foram coletadas após 1 minuto de fluxo contínuo, com quatro repetições por tratamento. A amostra correspondente à pressão de 0 bar foi retirada diretamente da embalagem original.

As análises laboratoriais foram realizadas pelo método de contagem de Unidades Formadoras de Colônia (UFC), conforme descrito por Ferreira, Nogueira e Hungria (2024). Os dados foram submetidos à análise de variância, regressão linear e teste de comparação de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro, utilizando o software R (versão 3.5.1) para a análise estatística e elaboração dos gráficos.

## Resultados e discussão

*Azospirillum brasilense*, *Bacillus megaterium* e *Saccharopolyspora spinosa* se ajustaram melhor em equações quadráticas (Figura 1). Enquanto, *Bacillus subtilis* para cúbica, e as demais em equação linear.



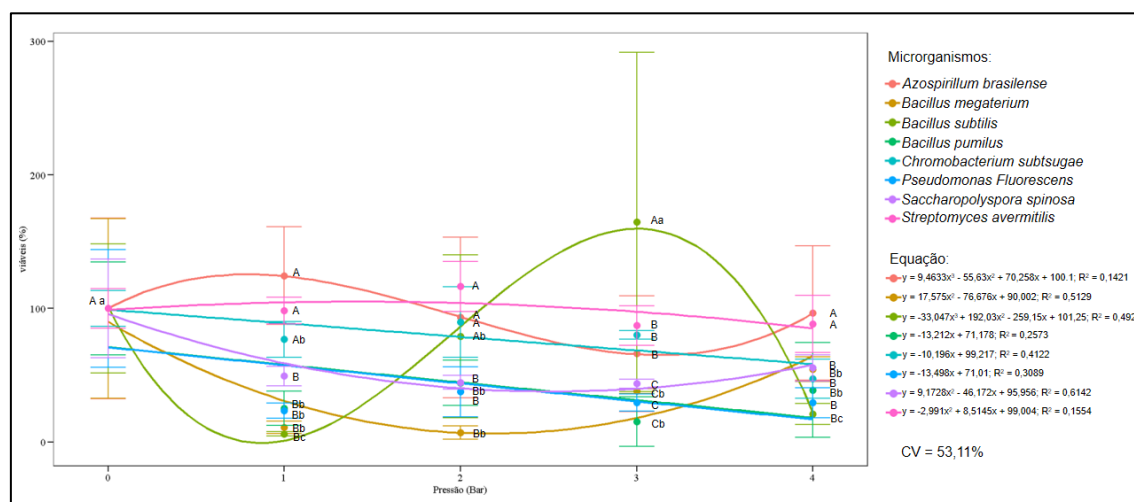


**Figura 1.** Gráfico de regressão linear com teste de médias Scott-Knott para Log<sub>10</sub>UFC/ml em diferentes pressões de pulverização em sistema de inoculação de sementes por gravidade. a. *Azospirillum brasilense* (BR12186 Ab-V5); b. *Bacillus megaterium* (CCT1623); c. *Bacillus subtilis* (ATCC3131); d. *Bacillus pumilus* (ATCC14884); e. *Chromobacterium subtsugae* (CBMAI1092); f. *Pseudomonas Fluorescens* (ATCC13525); g. *Saccharopolyspora spinosa* (CCT4565); h. *Streptomyces avermitilis* (CBMAI2816). Área sombreada refere-se à zona de confiança, pontos são os dados da coleta e linha azul é a regressão linear.

*Azospirillum brasilense* e *Streptomyces avermitilis* não apresentaram diferença no teste F. E, os microrganismos *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus*, *Chromobacterium subtsugae*, *Pseudomonas Fluorescense* e *Saccharopolyspora spinosa* apresentaram efeito de pressão de pulverização, no qual observa-se a diminuição da viabilidade.

Na análise de viabilidade entre microrganismos (Figura 2), há formação de dois grupos de médias do teste de Scott-Knott na pressão de 4 Bar. Cujo grupo a, com maior sobrevivência correspondeu *Azospirillum brasilense* (96%) e *Streptomyces avermitilis* (88%). Seguido por grupo b com *Saccharopolyspora spinosa* (55%), *Bacillus megaterium* (54%), *Chromobacterium subtsugae* (47%),

*Bacillus pumilus*(38%), *Pseudomonas Fluorescense*(29%) e *Bacillus subtilis*(20%).



**Figura 2-** Viabilidade dos microrganismos em diferentes pressões de pulverização em sistema de inoculação de sementes por gravidade com teste Scott-Knott para comparação entre microrganismos.

\*Letras maiúsculas diferem microrganismos em grupo, e minúsculas para pressão de pulverização pelo teste de médias em Scott-Knott à 5% de probabilidade. Fonte: Cipriani et al., 2025.

*Azospirillum brasilense*, *Chromobacterium subtsugae*, *Saccharopolyspora spinosa* e *Streptomyces avermitilis* não apresentaram efeito para pressão, e os desvios padrões se mantiveram maiores em comparação aos outros microrganismos nas pressões de pulverização. Também se evidencia que a variação nos desvios padrão foi inversamente proporcional que a pressão. Este fato ocorreu em demais pesquisas relacionadas a pressão de pulverização de Garcia et al. (2005) e Kumar et al. (2023b).

*Chromobacterium subtsugae* e *Saccharopolyspora spinosa* apresentaram efeito da pressão em dados  $\log_{10}$ , e não apresentaram diferença em sobrevivência (%) a partir da pressão 0 devido a baixa variação entre as pressões de pulverização. Desta forma, as equações cúbicas ajustaram melhor *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis*, e quadrático para *Bacillus megaterium*, *Saccharopolyspora spinosa* e *Streptomyces avermitilis*. Enquanto, os demais apresentaram ajuste na equação linear.

*Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilus* e *Pseudomonas fluorescens* apresentaram maior diferença na viabilidade entre as pressões de 0 e 1 bar,

respectivamente, 10%, 25% e 23%. E posteriormente estes se mantiveram estatisticamente iguais (1 a 4 bar). *Bacillus subtilis* apresentou modelo cúbico e desvios padrão superior aos demais, o que pode ser explicado pelo maior coeficiente de variação, como observado na figura 1c.

Em experimentos, *Bacillus thuringiensis* indicou efeito significativo de perda de viabilidade sob diferentes pressões de pulverização, diâmetro do bico cônico e período de bombeamento no tanque de pulverização (Kumar et al., 2023a). Fife et al. (2002) observou efeito da pressão em nematóides entomopatogênicos em pressões de 0 a 106,9 bar, cuja pesquisa indicou recomendações de pulverização de até 13,8 bar para *Heterorhabditis megidis*, e até 20 bar para *Steinernema carpocapsae* e *Heterorhabditis bacteriophora*.

Outros autores realizaram experimentos com fungo *Verticillium lecanii* e nematóide *Steinernema feltiae* entre a faixa de pressões de 0 a 50 bar, no qual foi observado indicada perda da viabilidade apenas para o fungo (Nilsson e Gripwall, 1999). Desta forma, as pesquisas na literatura indicam que os microrganismos tem comportamento diferente quanto pressão de pulverização, e tem recomendação para diferentes faixas de pressão. Logo, este corrobora com esta afirmação pois alguns microrganismos tiveram queda na viabilidade.

## Conclusões

Os microrganismos estudados apresentaram comportamentos diferentes para pressão de pulverização em sistema de inoculação de sementes por gravidade, com pressões de 0 a 4 bar. *Azospirillum brasilense* e *Streptomyces avermitilis* mantiveram sua viabilidade inalterada em diferentes pressões de pulverização. Enquanto, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus*, *Chromobacterium subtsugae*, *Pseudomonas Fluorescense* e *Saccharopolyspora spinosa* apresentaram redução significativa com o aumento da pressão de pulverização.

## Referências

ANPII. **Análise e estatísticas 2024**. Disponível em: <<https://anpiibio.org.br/estatisticas/>>. Acesso em 28 de junho de 2024.

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. **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. P.39-52.

BRASIL. **Decreto no 10.375, de 26 de maio de 2020**. Institui o Programa Nacional de Bioinsumos. Diário Oficial da União, seção 1, edição 100, p. 105, 27 maio 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.375-de-26-de-maio-de-2020-258706480>>. Acesso em: 1 junho de 2025.

FERREIRA, E.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. **Manual de análises de bioinsumos para uso agrícola: inoculantes**. Brasília, DF: Embrapa, 2024. 164p.

FIFE, J. P.; DERKSEN, R. C.; OZKAN, H. E.; GREWAL, P. S. Effects of pressure differentials on the viability and infectivity of entomopathogenic nematodes. **Biological Control**. v. 27, n. 1, p. 65-72, 2002. [https://doi.org/10.1016/S1049-9644\(02\)00183-4](https://doi.org/10.1016/S1049-9644(02)00183-4)

KUMAR, M.; MEHTA, C. R.; AGRAWAL, K. N.; TRIPATHI, M. K. Optimization of operating parameters for spraying microbial (*Bacillus thuringiensis* and *Beauveria bassiana*) based bio-pesticide solutions for foliar application. **International Journal of Pest Management**. 1–13p. 2023b. <https://doi.org/10.1080/09670874.2023.2213183>

KUMAR, M.; MEHTA, C.R., BHARGAV, V.K.; TRIPATHI, M. K.; AGRAWAL, K. N.; BABU, V. B. Effect of Spray Operating Parameters on Viability of *Bacillus thuringiensis* Based Biopesticide Under Laboratory Condition. **Agricultural Research**. v.12. p.189–196. 2023a.<https://doi.org/10.1007/s40003-022-00639-2>

NILSSON, U.; GRIPWALL, E. Influence of application technique on the viability of the biological control agents *Verticillium lecanii* and *Steinernema feltiae*. **Crop Protection**, Willoughby, v.18, n.3, p.53-9, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(98\)00095-7](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(98)00095-7)

OLIVEIRA, R. B. de; ANTUNIASSI, U. R.; LOUREIRO, E. de S.; PESSOA, L. G. A.; BAIO, F. H. R. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO FOLIAR DE BIOINSUMOS In: MEYER, M. C.; BUENO, A. de F.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da. **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. 107-126p.

## SESSÃO PLENÁRIA DA ASSEMBLÉIA GERAL

### Ata da Assembleia Geral

Às treze horas e quarenta e cinco minutos do dia quatorze de agosto de 2025, nas dependências do Anfiteatro da Faculdade de Direito (Prédio U1) da Universidade de Passo Fundo, teve início a sessão plenária de Assembleia Geral da 44ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, com público estimado em 47 pessoas. A Assembleia foi Coordenada pelo Pesquisador da Embrapa Trigo João Leonardo Fernandes Pires e secretariada pelo pesquisador da Embrapa Trigo Alvadi Antonio Balbinot Junior. Inicialmente ocorreu a palestra “Trigo no Sistema Produtivo” ministrada pelo Eng. Agr. Giovani Facco, Gerente de Desenvolvimento de Produto - Trigo GDM, em espaço destinado aos patrocinadores do evento. Na sequência, ocorreu a palestra “Avaliação das últimas safras de soja e perspectivas da safra 2025/2026” (como parte da Sessão Plenária de Apresentação do Relatório Técnico sobre o desempenho da soja e/ou do negócio soja nas últimas safras nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina) ministrada pelo Eng. Agr. Alencar Paulo Rugeri da Emater/RS-ASCAR. Após a palestra, ocorreu a apresentação dos trabalhos inéditos/destaques das Comissões Técnicas na seguinte ordem: Ecologia, Fisiologia e Práticas Culturais – N° 35575 “Comportamento espectral de NDVI em diferentes épocas de semeadura da soja no Rio Grande do Sul” – Apresentadora: Teresa Enderle – Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Nutrição Vegetal e Uso do Solo - N° 35519 “Bactérias promotoras de crescimento na coinoculação na cultura da soja” - Apresentador: Edgar Salis Brasil Neto – Instituição: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); Genética, Melhoramento e Tecnologia de Sementes - N° 35554 “Ensaio de cultivares em Rede (ECR®) soja safra 2024/2025” - Apresentadora: Kassiana Kehl – Instituição: Fundação Pró-Sementes; Controle de Plantas Daninhas - N° 35510 “Interação de agrotóxicos aplicados em soja com tecnologia Enlist®” - Apresentadora: Gabrieli Enge Zamboni - Instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS); Fitopatologia - N° 34634 “Predominância de genes para resistência completa à podridão-radicular de *Phytophthora* em linhagens de soja da Embrapa Trigo” - Apresentadora: Leila Maria Costamilan - Instituição: Embrapa Trigo; Entomologia - N° 36756 “Eficiência de inseticidas no controle de vaquinha (*Diabrotica speciosa*) na cultura da soja” - Apresentador: Glauber Renato Stürmer - Instituição: CCGL; Não houve escolha de trabalho inédito/destaque na Comissão de Difusão de Tecnologia e Socioeconomia. Na sequência, foi iniciada a etapa de apresentação das atas das Comissões Técnicas pelos relatores de cada Comissão, na seguinte ordem com respectivo relator(a) e temas discutidos além da ata: 1º Ecologia, Fisiologia e Práticas Culturais - Alvadi Antonio Balbinot Junior (Embrapa Trigo); a pesquisadora da Embrapa Trigo Leila Costamilan lembrou que, quanto à demanda de pesquisa sobre semeadura antecipada da soja (setembro), é necessário atentar as normativas do vazio sanitário. 2º Nutrição Vegetal e Uso do Solo - André Júlio do Amaral (Embrapa Trigo); foram definidos os nomes para redigir as atualizações das indicações técnicas, sendo eles: Jackson Korchagin (UPF), Tales Tiecher (UFRGS), Sírío Wiethölter (Embrapa Trigo), André Julio do Amaral (Embrapa Trigo) e Thomas Newton Martin (UFSM). 3º Genética, Melhoramento



e Tecnologia de Sementes - Vladirene Macedo Vieira (Embrapa Trigo); foram definidos os nomes para redigir as atualizações das indicações técnicas, sendo eles: Nádia Canali Lângaro (UPF) e Vladirene Macedo Vieira (Embrapa Trigo).

4° Controle de Plantas Daninhas - Leandro Vargas (Embrapa Trigo); foi realizada discussão sobre a retirada de tabelas de indicação de herbicidas, inserindo *link* para o sistema Agrofit. Não havendo objeção quanto a retirada das tabelas. No entanto, foi solicitada reflexão quanto a retirada da Tabela 6.1 “Supressão relativa de plantas daninhas na cultura da soja por resíduos de culturas mantidos na superfície do solo”, por ser caso diferente das demais (não se referir a produto químico). O relator justificou que a tabela estaria desatualizada e que não contemplaria outras situações atuais como o uso do “Mix de coberturas”, por exemplo. O coordenador da Reunião citou que a maior parte das culturas citadas na tabela são relevantes e as mais usadas no inverno antecedendo a soja (ex. trigo, aveia preta, canola, entre outras) e que o caso seria de complementar a tabela e não retirar, pois a falta de informação (da tabela toda) seria mais negativa do que a falta de alguma informação mais atualizada. O coordenador da comissão de plantas daninhas também se pronunciou favoravelmente a exclusão da tabela. O relator reafirmou que a posição era dos especialistas da área e que então o coordenador colocasse em votação. O coordenador explicou que aquele momento da Assembleia Geral era justamente para dar conhecimento dos trabalhos realizados em cada comissão aos demais membros da Reunião e que a discussão era normal. Também, informou que a questão não era sobre a retirada das tabelas de químicos, e que a questão estava envolvida na linha pensamento sobre o aprimoramento geral das Indicações Técnicas e não somente com a questão específica da área de Plantas Daninhas. O coordenador colocou a palavra a disposição para posicionamentos. O pesquisador Naylor Bastiani Perez da Embrapa Pecuária Sul se posicionou favoravelmente a manutenção da tabela. O coordenador solicitou ao público presente se a ata poderia ser aprovada e não ocorreram pronunciamentos contrários. A ata foi aprovada no formato definido pelos especialistas da área.

5° Fitopatologia - Leila Maria Costamilan (Embrapa Trigo); foram designadas para atualização das Indicações Técnicas: Leila Costamilan (Embrapa Trigo) e Carolina Cardoso Deuner (UPF);

6° Entomologia - Crislaine Sartori Suzana Milan (UPF); foi deliberado a preparação e a apresentação na próxima Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul estudo sobre níveis críticos de Índice de Área Foliar (IAF) como orientador do controle de insetos-praga desfolhadores da soja. Como responsáveis foram definidos os(as) seguintes profissionais: Crislaine Sartori Suzana Milan – UPF, Glauder Sturmer (CCGL) e Jonas Arnemann (UFSM).

7° Difusão de Tecnologia e Socioeconomia – Osmar Conte (Embrapa Trigo); a Comissão não apresentou propostas para alterar as Indicações Técnicas. Após a discussão e aprovação das Atas das Comissões Técnicas, o coordenador abordou o tema dos possíveis aprimoramentos da RPSR-Sul, com convite para um grupo de trabalho multi-institucional a ser formado para discutir possibilidades de aprimoramento, com vistas a implementação na próxima edição e, também, revisão no Regimento da Reunião (para apresentação e deliberação na próxima edição), que não ocorre desde 2010. Solicitou a manifestação de voluntários para participação no grupo, ocorrendo manifestação de Vladirene Macedo Vieira (Embrapa Trigo), Ana Cláudia Barneche de Oliveira

(Embrapa Clima Temperado) e Leila Maria Costamilan (Embrapa Trigo). O coordenador também incluiu no grupo o seu próprio nome (João Leonardo Fernandes Pires – Embrapa Trigo) e o dos Presidentes da 42ª e 43ª RPSR-Sul, Marcos Caraffa (Setrem) e Thomas Newton Martin (UFSM), respectivamente. Na etapa final dos trabalhos, o coordenador solicitou a manifestação das Instituições que gostariam de organizar a 45ª RPSR-Sul. Não houve manifestação da plateia sobre o tema. O Coordenador então informou que três possíveis Instituições estão avaliando a possibilidade de sediar a próxima Reunião, sendo elas: Embrapa Clima Temperado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e CCGL/RTC. A decisão final das Instituições deve ocorrer em breve, pois depende de decisão Institucional. A palavra foi disponibilizada para tratar de assuntos gerais. Houve a sugestão de utilizar um QR code na publicação das Indicações Técnicas que permita ao público enviar sugestões de aprimoramentos na publicação. Foi discutida a importância de mecanismos de divulgação de incentivo para participação da reunião. Assim, após agradecer a presença de todos e destacar a importância do evento, o coordenador encerrou a Assembleia e a 44ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul às 17:30 horas.

## **ANEXOS**

## Homenagens 44ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul

Durante as atividades da 44ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul foram realizadas homenagens as pesquisadoras Kassiana Kehl da Fundação Pró-sementes e Leila Maria Costamilan da Embrapa Trigo, como forma de reconhecer e enaltecer as contribuições em prol da cultura da soja no Sul do Brasil. Foi realizada a entrega de uma placa (imagem em anexo) no momento denominado “Campo Aberto: Happy Hour Trigo-Soja” realizado às 19:00 horas, tendo por local o Henriqueta Eventos (BR 285, Km 299,5, Perimetral Norte, Passo Fundo/RS). Na oportunidade, foram lidos os currículos e realizada a entrega das placas, pelo pesquisador João Leonardo Fernandes Pires (Coordenador da 44ª RPSS-Sul) para a pesquisadora Kassiana Kehl, e, conjuntamente, pelos pesquisadores Paulo Fernando Bertagnolli e Gilberto Rocca da Cunha, para a pesquisadora Leila Maria Costamilan. Após a entrega das placas, as homenageadas fizeram breve pronunciamento aos presentes.



Pesquisadora Kassiana Kehl - Fundação Pró-sementes

Foto: Raoni Locatelli



Pesquisadora Leila Maria Costamilan - Embrapa Trigo

Foto: Raoni Locatelli

### Coordenadores(as) e relatores(as) das Comissões Técnicas da 44ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul

A comissão organizadora da 44ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul agradece aos profissionais listados abaixo pela valiosa colaboração como Coordenadores e Relatores das Comissões Técnicas, atuando antes, durante e após a Reunião.

<b>Comissão Técnica</b>	<b>Coordenador(a)</b>	<b>Relator(a)</b>
	<b>Fernando Machado dos Santos</b>	
Controle de Plantas Daninhas	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) - Campus Sertão	<b>Leandro Vargas</b> Embrapa Trigo
	<b>Joana Graciela Hanauer</b>	
Difusão de Tecnologia e Socioeconomia	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Sul (EMATER/RS) - Associação Sulina de Crédito e Assistência Rural (ASCAR)	<b>Osmar Conte</b> Embrapa Trigo
	<b>Vinícius dos Santos Cunha</b>	
Ecologia, Fisiologia e Práticas Culturais	Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Campus Alegrete	<b>Alvadi Antonio Balbinot Junior</b> Embrapa Trigo
	<b>Glauber Renato Stürmer</b>	<b>Crislaine Sartori Suzana Milan</b>
Entomologia	Cooperativa Central Gaúcha Ltda – Rede Técnica Cooperativa (CCGL/RTC)	Universidade de Passo Fundo (UPF)
	<b>Carolina Cardoso Deuner</b>	<b>Leila Maria Costamilan</b>
Fitopatologia	Universidade de Passo Fundo (UPF)	Embrapa Trigo
	<b>Nadia Canali Lângaro</b>	<b>Vladirene Macedo Vieira</b>
Genética, Melhoramento e Tecnologia de Sementes	Universidade de Passo Fundo (UPF)	Embrapa Trigo
	<b>Jackson Korchagin</b>	<b>André Julio do Amaral</b>
Nutrição Vegetal e Uso do Solo	Universidade de Passo Fundo (UPF)	Embrapa Trigo

## **HISTÓRICO DA REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

### **I REUNIÃO CONJUNTA DE PESQUISA DE SOJA**

LOCAL: Passo Fundo (RS)

DATA: 06 a 10 de agosto de 1973

COORDENAÇÃO: Emídio Rizzo Bonato (informação pessoal)

COMISSÃO ORGANIZADORA: não foi mencionada em ATA

PARTICIPANTES: 146

### **II REUNIÃO CONJUNTA DE PESQUISA RS/SC - SOJA**

LOCAL: Porto Alegre (RS)

DATA: 26 a 30 de agosto de 1974

COORDENAÇÃO: IPAGRO

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente - João Rui Jardim Freire

PARTICIPANTES: 140

### **III REUNIÃO CONJUNTA DE PESQUISA DA SOJA**

LOCAL: Porto Alegre (RS)

DATA: 18 a 22 de agosto de 1975

COORDENAÇÃO: FECOTRIGO

COMISSÃO ORGANIZADORA: Carmine Rosito, Gaspar Beskow, Ênio Pippi da Motta, Francisco Terra Júnior,

Frederico Bergmann

PARTICIPANTES: 181

### **IV REUNIÃO CONJUNTA DE PESQUISA DA SOJA - RS/SC**

LOCAL: Santa Maria (RS)

DATA: 23 a 27 de agosto de 1976

COORDENAÇÃO: MEC/UFSM/CCR

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente - Ailo Valmir Saccol

PARTICIPANTES: 115

### **V REUNIÃO CONJUNTA DE PESQUISA DA SOJA RS/SC**

LOCAL: PELOTAS (RS)

DATA: 01 a 05 de agosto de 1977

COORDENAÇÃO: EMBRAPA-UEPAE de Pelotas/UFPEL

COMISSÃO ORGANIZADORA: não foi mencionada em ATA

PARTICIPANTES: 248

### **VI REUNIÃO CONJUNTA DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: FLORIANÓPOLIS (SC)

DATA: 31 de julho a 04 de agosto de 1978

COORDENAÇÃO: EMPASC/EMBRAPA-CNPSO

COMISSÃO ORGANIZADORA: não foi mencionada em ATA

PARTICIPANTES: 135

**VII REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: PORTO ALEGRE (RS)

DATA: 30 de julho a 03 de agosto de 1979

COORDENAÇÃO: IPAGRO/EMBRAPA-CNPSO

COMISSÃO ORGANIZADORA: não foi mencionada em ATA

PARTICIPANTES: 223

**VIII REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: CRUZ ALTA (RS)

DATA: 18 a 21 de agosto de 1980

COORDENAÇÃO: FECOTRIGO/DPAT/CEP-FECOTRIGO

COMISSÃO ORGANIZADORA: Carmine Rosito, Fernando C. de A. e Souza,  
Luiz Pedro Bonetti, Reginaldo

Escobar Vieira, Ricardo G. Matzenbacher

PARTICIPANTES: 133

**IX REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: PASSO FUNDO (RS)

DATA: 28 a 30 de julho de 1981

COORDENAÇÃO: EMBRAPA-CNPT

COMISSÃO ORGANIZADORA: José Alberto R. de O. Velloso, José Renato

Bem, Paulo Fernando Bertagnolli,

Simião Alano Vieira, Armando Ferreira Filho, Liane Matzenbacher, Mary Mara  
Ritter

PARTICIPANTES: 161

**X REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: PORTO ALEGRE (RS)

DATA: 27 a 29 de julho de 1982

COORDENAÇÃO: UFRGS/Faculdade de Agronomia/Pró-Reitoria de  
Extensão/CNPSO

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente - José Antônio Costa

PARTICIPANTES: 156

**XI REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: SANTA MARIA (RS)

DATA: 02 a 04 de agosto de 1983

COORDENAÇÃO: UFSM/CCR/CNPSO

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente - Osmar Souza dos Santos

PARTICIPANTES: 142

**XII REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: PELOTAS (RS)

DATA: 31 de julho a 03 de agosto de 1984

COORDENAÇÃO: EMBRAPA/CPATB e CNPsoja

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente - Mário Franklin da Cunha Gastal

PARTICIPANTES: 136



**XIII REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: PORTO ALEGRE (RS)

DATA: 30 de julho a 02 de agosto de 1985

COORDENAÇÃO: IPAGRO/Departamento de Pesquisa/Secretaria de Agricultura

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente - Elói Roque Hilgert

PARTICIPANTES: 170

**XIV REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: CHAPECÓ (SC)

DATA: 11 a 14 de agosto de 1986

COORDENAÇÃO: EMPASC/CPPP/EMBRAPA/CNPSo

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente - Evaristo Antonio Espindola

PARTICIPANTES: 131

**XV REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: CRUZ ALTA (RS)

DATA: 10 a 13 de agosto de 1987

COORDENAÇÃO: Centro de Experimentação e Pesquisa - CEP/FECOTRIGO

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente - José Luiz Tragnago

PARTICIPANTES: 129

**XVI REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: SANTA MARIA (RS)

DATA: 25 a 28 de julho de 1988

COORDENAÇÃO: UFSM / Departamento de Defesa Fitossanitária, Centro de Ciências Rurais

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente – Dionísio Link e Anísio Dário Marramon Trindade

PARTICIPANTES: 134

**XVII REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: PORTO ALEGRE (RS)

DATA: 24 a 27 de julho de 1989

COORDENAÇÃO: UFRGS

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente - José Antônio Costa

PARTICIPANTES: 177

**XVIII REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: PASSO FUNDO (RS)

DATA: 07 a 10 de agosto de 1990

COORDENAÇÃO: EMBRAPA-CNPT

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente - Emídio Rizzo Bonato

PARTICIPANTES: 162

### **XIX REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: PELOTAS (RS)

DATA: 03 a 06 de setembro de 1991

COORDENAÇÃO: EMBRAPA/CPATB

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente - Mário Franklin da Cunha Gastal

PARTICIPANTES: 141

### **XX REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: CHAPECÓ (SC)

DATA: 04 a 06 de agosto de 1992

COORDENAÇÃO: EPAGRI/EMBRAPA-CNPSO

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente - Evaristo Antonio Espindola

PARTICIPANTES: 106

### **XXI REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: SANTA ROSA (RS)

DATA: 10 a 13 de agosto de 1993

COORDENAÇÃO: Secretaria de Ciência e Tecnologia/CIENTEC/IPAGRO

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente - Elói Roque Hilgert

PARTICIPANTES: 136

### **XXII REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: CRUZ ALTA (RS)

DATA: 9 a 11 de agosto de 1994

COORDENAÇÃO: FUNDACEP FECOTRIGO

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente - José Luiz Tragnago

PARTICIPANTES: 150

### **XXIII REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: PORTO ALEGRE (RS)

DATA: 01 a 03 de agosto de 1995

COORDENAÇÃO: Departamento de Plantas de Lavoura/Faculdade de Agronomia/UFRGS

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente - José Antônio Costa

PARTICIPANTES: 165

### **XXIV REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: PELOTAS (RS)

DATA: 06 a 08 de agosto de 1996

COORDENAÇÃO: EMBRAPA/CPATB

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente - Mário Franklin da Cunha Gastal

PARTICIPANTES: 132

**XXV REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: PASSO FUNDO (RS)

DATA: 05 a 07 de agosto de 1997

COORDENAÇÃO: EMBRAPA Trigo

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente - Emídio Rizzo Bonato

PARTICIPANTES: 189

**XXVI REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: CRUZ ALTA (RS)

DATA: 28 a 30 de julho de 1998

COORDENAÇÃO: UNICRUZ/Curso de Agronomia

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente - José Luiz Tragnago

PARTICIPANTES: 160

**XXVII REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: CHAPECÓ (SC)

DATA: 27 a 29 de julho de 1999

COORDENAÇÃO: EPAGRI/CPPP

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente - Evaristo Antonio Espindola

PARTICIPANTES: 129

**XXVIII REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: Santa Maria, RS

DATA: 25 a 27 de julho de 2000

COORDENAÇÃO: UFSM, Centro de Ciências Rurais

COMISSÃO ORGANIZADORA: Ervandil Correa Costa; Dionísio Link ; Anísio Dário Marramon Trindade.

PARTICIPANTES: 141

**XXIX REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: Porto Alegre, RS

DATA: 24 a 26 de julho de 2001

COORDENAÇÃO: FEPAGRO

COMISSÃO ORGANIZADORA: João Carlos Canuto; Rosely de Oliveira Lang.

PARTICIPANTES: 155

**XXX REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: Cruz Alta, RS

DATA: 23 a 25 de julho de 2002

COORDENAÇÃO: FUNDACEP-FECOTRIGO

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente: José Ruedell

PARTICIPANTES: 144

**XXXI REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: Porto Alegre, RS

DATA: 29 a 31 de julho de 2003

COORDENAÇÃO: UFRGS, Faculdade de Agronomia, Departamento de Plantas de Lavoura

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente: José Antonio Costa

PARTICIPANTES: 142

**XXXII REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: Passo Fundo, RS

DATA: 27 a 29 de julho de 2004

COORDENAÇÃO: Embrapa Trigo

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente: Paulo Fernando Bertagnolli

PARTICIPANTES: 215

**XXXIII REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: Passo Fundo, RS

DATA: 26 a 28 de julho de 2005

COORDENAÇÃO: UPF, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária

COMISSÃO ORGANIZADORA: Prof. João Luiz Reichert

PARTICIPANTES: 142

**XXXIV REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: Pelotas, RS

DATA: 25 a 27 de julho de 2006

COORDENAÇÃO: Embrapa Clima Temperado

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente: Mario Franklin da Cunha Gastal

PARTICIPANTES: 232

**XXXV REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: Santa Maria - RS

DATA: 25 a 27 de julho de 2007

COORDENAÇÃO: UFSM

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente Prof. Jerson Carus Guedes

PARTICIPANTES: 230

**XXXVI REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: Porto Alegre - RS

DATA: 29 a 31 de julho de 2008

COORDENAÇÃO: FEPAGRO - EMATER

COMISSÃO ORGANIZADORA: Dr. Ronaldo Matzenauer

PARTICIPANTES: 225

**XXXVII REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: Porto Alegre - RS

DATA: 21 a 23 de julho de 2009

COORDENAÇÃO: Departamento de Plantas de Lavoura/Faculdade de Agronomia/UFRGS

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente Prof. Ribas Antonio Vidal

PARTICIPANTES: 220

**XXXVIII REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: Cruz Alta - RS

DATA: 03 a 05 de agosto de 2010

COORDENAÇÃO: FUNDACEP FECOTRIGO

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente - Cleiton Steckling

PARTICIPANTES: do Seminário Técnico (307), da Reunião (103)

**XXXIX REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: Passo Fundo - RS

DATA: 24 a 26 de julho de 2012

COORDENAÇÃO: Embrapa Trigo

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente - Leila Maria Costamilan

PARTICIPANTES: 205

**XL REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: Pelotas - RS

DATA: 29 a 31 de julho de 2014

COORDENAÇÃO: Embrapa Clima Temperado

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente - Ana Claudia Barneche de Oliveira

PARTICIPANTES: 254

**XLI REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: Passo Fundo - RS

DATA: 09 a 11 de agosto de 2016

COORDENAÇÃO: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente Prof. Hélio Carlos Rocha

PARTICIPANTES: 740

**XLII REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: Três de Maio - RS

DATA: 14 a 16 de agosto de 2018

COORDENAÇÃO: Sociedade Educacional Três de Maio (SETREM)

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente Prof. Marcos Caraffa

PARTICIPANTES: 258

**XLIII REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: Santa Maria - RS

DATA: 30 de agosto a 1º de setembro de 2022

COORDENAÇÃO: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente Prof. Thomas Newton Martin

PARTICIPANTES: 300

## **XLIV REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**

LOCAL: Passo Fundo - RS

DATA: 13 e 14 de agosto de 2025

COORDENAÇÃO: Embrapa Trigo

COMISSÃO ORGANIZADORA: Presidente João Leonardo Fernandes Pires

PARTICIPANTES: Eventos conjuntos - 297, Reunião – 98.

## **Regimento Interno da Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul**

### **CAPÍTULO I**

#### **Da Definição e dos Objetivos**

Art. 1º A Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul (RPS-Sul) congrega a cada dois anos (2 anos), preferencialmente no mês de julho, as instituições/entidades de Pesquisa Agrônômica, Assistência Técnica, Extensão Rural e Economia da Produção, dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, com o apoio da Embrapa Soja.

#### **Parágrafo único: Convocação extraordinária.**

A coordenação da Reunião poderá convocar sessões extraordinárias de uma ou mais comissões, para análise e tomada de decisões sobre assuntos de extrema relevância. A sessão extraordinária deverá ocorrer preferencialmente no mês de julho do ano posterior a reunião ordinária. A decisão da comissão, que é soberana nestes casos, será repassada as demais instituições credenciadas, presentes na última reunião ordinária.

Art. 2º O objetivo geral da reunião é avaliar resultados, elaborar indicações técnicas e planejar a pesquisa com soja para a região, integrando os programas das instituições/entidades de pesquisa, consideradas as peculiaridades inerentes às diferentes áreas de cada

Art. 3º Os objetivos específicos da reunião são os seguintes:

- a. Ampliar e aperfeiçoar o plano integrado interinstitucional e interdisciplinar de pesquisa com a cultura da soja;
- b. Promover a participação efetiva das Instituições/entidades de assistência técnica, de extensão rural, de economia da produção e associações de profissionais de agronomia, na elaboração do plano integrado de pesquisa e de difusão de tecnologia de soja para a região, especificadas no Art. 10º, alínea “b”.

### **CAPÍTULO II**

#### **Do Funcionamento**

Art. 4º A Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul funcionará sob o sistema de Comissões Técnicas.

Parágrafo 1º As comissões técnicas serão as seguintes:

- a. Genética, Melhoramento e Tecnologia de Sementes;
- b. Nutrição Vegetal e Uso do Solo;

- c. Fitopatologia;
- d. Entomologia;
- e. Controle de Plantas Daninhas;
- f. Ecologia, Fisiologia e Práticas Culturais; e
- g. Difusão de Tecnologia e Socioeconomia.

Parágrafo 2º Para cada Comissão Técnica serão eleitos, anualmente, um Coordenador e um Relator. A escolha do Coordenador e do Relator será feita pelos membros da Comissão, sob a presidência, preferencialmente, do Coordenador da reunião anterior.

Parágrafo 3º Os mandatos do Coordenador e do Relator se estenderão até a reunião seguinte.

Parágrafo 4º Compete ao Coordenador: a. Dirigir os trabalhos da Comissão Técnica; b. Nomear um Relator substituto nos impedimentos do titular.

Parágrafo 5º Compete ao Relator:

- a. Elaborar documento/relatório contendo as informações de maior relevância obtidas pelas instituições/entidades em sua respectiva Comissão Técnica e apresentá-lo na sessão plenária de Assembleia Geral de que trata o Art. 5º, alínea “f”;
- b. Elaborar a ata dos trabalhos de sua Comissão e apresentá-la na Sessão de Assembleia Geral de que trata do Art. 5º, alínea “f”;
- c. Substituir o Coordenador em seus impedimentos e, neste caso, nomear um dos Membros como Relator Substituto.

### **CAPÍTULO III**

#### **Das Sessões**

Art. 5º A reunião constará de:

- a. Sessão Plenária Solene de Abertura com a finalidade de saudação aos participantes, recebimento de credenciais e informações gerais;
- b. Sessão Plenária de Apresentação do Relatório Técnico sobre o desempenho da soja e/ou do negócio soja nas últimas safras nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, a ser apresentado pelas EMATER-RS, EMATERSC/(EPAGRI) e Cooperativas;
- c. Sessões Técnicas por Comissão com o objetivo de apresentação e discussão dos resultados, elaboração de indicações técnicas e planejamento de pesquisa,



envolvendo a avaliação das necessidades e prioridades de pesquisa, segundo cada Comissão Técnica e seleção (escolha/eleição) de trabalhos inéditos para apresentação na Sessão Plenária de que trata a alínea “e”, deste Art. 5º;

d. Sessão Plenária de Seminário Técnico da Cadeia Produtiva da Cultura da Soja, desenvolvido através de Palestras e/ou Painéis de interesse do agronegócio;

e. Sessão Plenária de apresentação de Trabalhos Inéditos e considerados inovações tecnológicas consolidadas de cada Comissão Técnica. Serão apresentados, no máximo, 07 (sete) trabalhos, tendo para cada trabalho 12 (doze) minutos para a sua apresentação, não permitindo perguntas;

f. Sessão Plenária de Assembleia Geral com o objetivo de apresentação e aprovação dos relatórios/atas e resoluções das Comissões Técnicas, definição das instituições promotoras das duas reuniões seguintes, assuntos gerais, discussão e votação de sugestões de alteração deste Regimento Interno e encerramento do evento;

## **CAPÍTULO IV**

### **Das Atividades Técnicas**

Art. 6º A apresentação dos resultados de pesquisa será feita em nível de Comissão Técnica como trata o Art. 5º, alínea “c”. O tempo destinado a cada trabalho será definido com base no número total de trabalhos a serem apresentados, de modo a possibilitar elaboração das indicações técnicas e o planejamento da pesquisa, dentro do período estabelecido para o trabalho das Comissões.

Parágrafo Único Os resultados da avaliação econômica dos sistemas de produção, empregados nos campos e nas unidades de demonstração, serão apresentados por qualquer uma das entidades credenciadas e/ou por convite a terceiros da Coordenação da Reunião.

Art. 7º Nas sessões das Comissões Técnicas para apresentação de trabalhos, discussão de resultados, elaboração de indicações técnicas e planejamento de pesquisa, cada Comissão deverá:

a. Selecionar (escolher/eleger) trabalhos inéditos/destaques para apresentação na Sessão Plenária de que trata a alínea “e”, do Art. 5º;

b. Elaborar indicações à Assistência Técnica e Extensão Rural, detalhando e aprofundando as informações, à luz dos resultados obtidos e do avanço científico em cada área do conhecimento, explicitando os métodos e processos adotados no desenvolvimento das tecnologias;

c. As Comissões Técnicas devem prever espaços para reuniões temas que tenham interface na formulação, detalhamento e consolidação das indicações técnicas (exemplo, o tema Rotação de Culturas, envolverá as Comissões de

Ecologia, Fisiologia e Práticas Culturais; Nutrição Vegetal e Uso do Solo; Fitopatologia; Entomologia e Melhoramento Genético e Tecnologia de Sementes);

d. Equacionar as medidas consideradas indispensáveis à melhor integração, execução e coordenação das atividades de pesquisa;

e. Detalhar o planejamento de pesquisa e a metodologia proposta, analisada em nível de experimento. Nessas reuniões, poderá ser solicitada a assessoria de técnicos vinculados às demais Comissões.

Art. 8º Na Sessão Plenária de Apresentação de Trabalhos Inéditos serão apresentados os trabalhos de maior relevância e/ou inéditos que foram selecionados nas Sessões das Comissões Técnicas, relacionadas no Art. 4º, Parágrafo 1º.

Art. 9º Na sessão plenária de Assembleia Geral, o Relator de cada Comissão Técnica apresentará as informações e conclusões relativas às alíneas “a”, “b” e “c” do Art. 7º e relacionará as instituições/entidades e os locais de execução, ressaltando as pesquisas conduzidas de forma integrada.

## **CAPÍTULO V**

### **Dos Participantes**

Art. 10º A Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul congregará duas categorias de entidades participantes:

#### **a. De Pesquisa:**

Entidades Oficiais, Fundações, Organizações de Cooperativas Agrícolas e Empresas que realizam pesquisa com soja:

1. Embrapa Soja;
2. Embrapa Clima Temperado;
3. Universidade Federal de Santa Maria - UFSM;
4. Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa FUNDACEP/ FECOTRIGO;
5. Universidade Federal do Rio Grande do Sul -UFRGS;
6. Universidade Federal de Pelotas – UFPEL;
7. Universidade de Passo Fundo - UPF;
8. Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária –FEPAGRO;
9. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa

Catarina – EPAGRI;

10. Embrapa Trigo;

11. Universidade de Cruz Alta – UNICRUZ;

12. Sociedade Educacional Três de Maio – SETREM.

**b. De Apoio:**

1. Associação Sulina de Crédito e Assistência Rural -ASCAR/ Associação Rio-grandense de Empreendimentos de Assistência Técnica Extensão Rural - EMATER/RS;

2. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina – EPAGRI;

3. Federação de Cooperativas Agropecuárias de Santa Catarina – FECOAGRO;

4. Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento – DPD Embrapa;

5. Banco do Brasil S/A;

6. Comissão Estadual de Sementes e Mudanças do Estado do Rio Grande do Sul - CESM/RS;

7. Comissão Estadual de Sementes e Mudanças do Estado de Santa Catarina CESM/SC;

8. Associação dos Produtores de Sementes do Rio Grande do Sul – APASSUL;

9. Associação de Produtores de Sementes de Santa Catarina – APROSESC;

10. Embrapa Produtos e Mercado;

11. Seção de Defesa Sanitária Vegetal da Delegacia Federal da Agricultura do Rio Grande do Sul;

12. SANTAGRO;

13. SEEDS –Serviço Especial em Diagnóstico de Sementes Ltda.;

14. Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola – COODETEC;

12. Seção de Defesa Sanitária Vegetal da Delegacia Federal da Agricultura de Santa Catarina;

13. ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal;

14. ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos;

15. AENDA – Associação das Empresas Nacionais de Defensivos Agrícolas;

16. APAs -Associações de Profissionais de Agronomia.

Art. 11º Outras Instituições podem ser admitidas na RPS-Sul desde que:

a. Estejam realizando pesquisa nos Estados de atuação da RPS-Sul, definida no Art. 1º deste Regimento;

b. Justifiquem a sua admissão por trabalhos realizados, trabalhos em andamento e tenham estrutura de pesquisa na(s) área(s) de atuação especificadas no Art. 4º, Parágrafo 1º;

c. Solicitem sua admissão ao Coordenador da RPS-Sul até 30 de abril do ano de realização da reunião, sendo a mesma apreciada e aprovada na sessão plenária de Assembleia Geral da Reunião, de que trata o Art. 5º, alínea f.

## **CAPÍTULO VI**

### **Do Credenciamento de Representantes e Votação**

Art. 12º Cada instituição/entidade de pesquisa indicará os representantes para cada Comissão Técnica, prevista no Parágrafo 1º do Art. 4º, desde que a mesma realize trabalhos nas linhas de pesquisa que caracterizam cada Comissão.

Art. 13º Cada instituição/entidade de pesquisa credenciará um titular que terá direito a voto nas sessões da Comissão Técnica a que pertence e na Sessão de Assembleia Geral (Art. 5º, alínea “f”). Cada instituição/entidade de pesquisa credenciará também um suplente, com direito a voto na ausência do titular.

Art. 14º Cada instituição/entidade de assistência técnica ligada ao Sistema EMBRATER (EMATERs) poderá credenciar um titular para cada uma das Comissões Técnicas constantes no Parágrafo 1º do Art. 4º, o qual terá direito a voto nas Sessões da Comissão Técnica respectiva. Para

a Sessão de Assembleia Geral constante na alínea “f” do Art. 5º, essas instituições/entidades credenciarão um titular com direito a voto. As instituições/entidades poderão, também, credenciar um suplente, em ambos os casos, com direito a voto na ausência do titular.

Parágrafo Único As organizações ANDA, ANDEF, AENDA e APAs terão os mesmos direitos constantes nesse Art. 14º, nas seguintes condições: ANDEF e AENDA nas Comissões Técnicas “c”, “d” e “e” com direito a um voto para cada associação, ANDA na “b” e APAs em todas as comissões, constantes do Parágrafo 1º, do Art. 4º.

Art. 15º Para todas as sessões, o regime de votação será o de maioria simples (cinquenta por cento mais um dos representantes com direito a voto), salvaguardada a possibilidade do voto de minerva do Coordenador da Comissão

Técnica, nas sessões das Comissões, e do Presidente da Mesa, na Sessão Plenária de Assembleia Geral.

## **CAPÍTULO VII**

### **Das Disposições Gerais**

Art. 16º Os trabalhos de organização da Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul ficarão a cargo da Instituição/entidade escolhida na última reunião, obedecendo a um sistema de rodízio interinstitucional. *40a REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL – Atas e Resumos*

Parágrafo Único Apenas as Entidades de Pesquisa enquadradas na alínea “a” do Art. 10º entrarão no sistema de rodízio interinstitucional para organizar a Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul – RPS-Sul.

Art. 17º A escolha do Presidente de mesa, para a Sessão Plenária de Assembleia Geral, ficará a cargo da Comissão Organizadora.

Art. 18º Os representantes credenciados pelas instituições participantes deverão entregar na Secretaria da Reunião, no momento da inscrição, seu credenciamento. Os trabalhos devem ser entregues eletronicamente, de acordo com a forma e modelo solicitado pela Comissão Organizadora.

Art. 19º Os casos omissos neste Regimento Interno serão resolvidos na sessão plenária de Assembleia Geral da Reunião, prevista no Art. 5º, alínea f.

Regimento Interno Aprovado na XXXII RPS-Sul, em 29/07/2004 e atualizado na XXXVIII RPS-Sul, em 05 de agosto de 2010.

