

MÉTODOS DE TRATAMENTO DE SEMENTES E INTERAÇÕES COM A INOCULAÇÃO COM *Bradyrhizobium* NA SOJA

Amanda Vendruscolo Richter¹André Schoffel²

RESUMO

O uso de tratamentos químicos e bioinsumos, como o *Bradyrhizobium*, é essencial para proteger as sementes contra pragas e patógenos e promover a fixação biológica de nitrogênio, contribuindo para o crescimento saudável das plantas. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a eficiência de diferentes métodos de tratamentos de sementes com a associação da inoculação de bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. O experimento foi conduzido na cidade de Tupanciretã-RS, o delineamento experimental foi blocos ao acaso, os tratamentos foram compostos pela combinação dos tipos de tratamento de sementes (ausente, *on farm* e TSI) e pela inoculação com *Bradyrhizobium* (ausente e presente). Foram avaliados o número de nódulos totais, massa seca de nódulos e a produtividade de grãos. A inoculação com *Bradyrhizobium* aumentou significativamente o número e a massa seca de nódulos, melhorando a fixação de nitrogênio na soja. Embora a produtividade de grãos não tenha apresentado diferenças significativas, os tratamentos químicos com e sem inoculação interagiram de formas distintas, sempre com a inoculação proporcionando melhor desempenho nas variáveis relacionadas a nodulação. Essas práticas destacam a importância de tecnologias que equilibram a proteção através do tratamento de sementes e o estímulo ao desenvolvimento simbiótico, contribuindo para a sustentabilidade agrícola.

Palavras-chave: *Glycine max* L., semeadura, simbiose, proteção de cultivos.

ABSTRACT

The use of chemical treatments and bioinputs, such as *Bradyrhizobium*, is essential to protect seeds against pests and pathogens and promote biological nitrogen fixation, contributing to healthy plant growth. The objective of this research was to evaluate the efficiency of different seed treatment methods with the association of inoculation with bacteria of the genus *Bradyrhizobium*. The experiment was conducted in the city of Tupanciretã-RS, the experimental design was randomized blocks, the treatments consisted of the combination of seed treatment types (absent, on farm and TSI) and inoculation with *Bradyrhizobium* (absent and present). The number of total nodules, nodule dry mass and grain yield were evaluated. Inoculation with *Bradyrhizobium* significantly increased the number and dry mass of nodules, improving nitrogen fixation in soybeans. Although grain yield did not show significant differences, chemical treatments with and without inoculation interacted in different ways, with inoculation always providing better performance in variables related to nodulation. These practices highlight the importance of technologies that balance protection through seed treatment and stimulation of symbiotic development, contributing to agricultural sustainability.

keywords: *Glycine max* L., sowing, symbiosis, crop protection.

1 INTRODUÇÃO

O atual cenário agrícola do Brasil vem sofrendo com os impactos das mudanças climáticas no decorrer dos últimos anos, ocasionando, em algumas safras, uma drástica diminuição na produção em decorrência de

estiagens ou excesso de chuvas em determinadas épocas (ZANON, 2016). Entretanto, não somente estas instabilidades causam diminuição do potencial produtivo, existem ainda outros fatores que limitam a busca por altas produtividades e pela rentabilidade, como o tipo

¹ Técnica em Agropecuária no Instituto Federal Farroupilha – IFFAR, Campus de Júlio de Castilhos. Graduada em Agronomia na Universidade de Cruz Alta – UNICRUZ. E-mail: amandarichter12@gmail.com

² Universidade de Cruz Alta, Grupo de pesquisa em Produção Agrícola Sustentável, Cruz Alta, Rio Grande do Sul, Brasil. aschoffel@unicruz.edu.br

e a qualidade do tratamento de sementes (AFZAL, 2016).

Nos cultivos agrícolas, deve-se considerar que a semente é uma matéria-prima e que o sucesso de uma safra inicia pelo uso de sementes com qualidade e também pela efetiva proteção inserida junto destas na operação de semeadura. O tratamento de sementes é importante para assegurar a manutenção da qualidade das sementes, através da camada de proteção resultante do uso de inseticidas, fungicidas, polímeros, entre outros, que irão protegê-la do ataque de pragas e patógenos. Além de controlar patógenos transmitidos pela semente, o tratamento de sementes também é uma prática eficiente para garantir uma população adequada de plantas quando as condições edafoclimáticas durante a semeadura são desfavoráveis à germinação e à rápida emergência da soja. Neste cenário, a semente fica exposta por mais tempo em interação com fungos habitantes do solo como: *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp., *Pythium* spp., entre outros, que podem causar a sua deterioração ou a morte de plântulas (HENNING, 2005; GOULART, 2018).

De maneira geral, nas propriedades agrícolas são observadas três formas de utilização das sementes para a implantação de cultivos: a semente nua, que não é recomendada, pois a proteção das estruturas internas da semente fica a cargo apenas do tegumento, com maior susceptibilidade para perdas dos atributos

da qualidade de sementes; a semente tratada *on Farm*, ou seja, aquela semente tratada pelo produtor dentro da propriedade, considerado como o tratamento de sementes caseiro e básico, com menor eficiência de distribuição e cobertura de produtos e polímeros, apresentando um tratamento com custo inferior, mas que necessita de equipamentos adequados e a realização do processo por pessoas treinadas com o uso de equipamentos de proteção individual, importantes para evitar contaminações, inclusive ao meio ambiente; e o tratamento de sementes industrial (TSI), que é o tratamento que proporciona alta qualidade na distribuição e quantidade dos produtos sobre as sementes, conferindo melhor recobrimento, e consequentemente, maior potencial de proteção (GOULART, 2019).

Além da utilização de tratamentos químicos para a proteção das sementes, também se faz uso dos bioinsumos visando maiores produtividades. Dentre os bioinsumos existentes, tem-se as bactérias pertencentes ao gênero *Bradyrhizobium*, que são responsáveis pela fixação biológica do nitrogênio (FBN). Este processo ocorre pela simbiose entre as bactérias e as plantas da família Fabaceae, como é o caso da soja. Após a inoculação ocorre a formação de nódulos radiculares, nos quais as bactérias se abrigam e recebem proteção e nutrição da planta hospedeira. Em troca, as bactérias capturam o nitrogênio atmosférico (N₂) e, pela ação da enzima nitrogenase, o reduzem a amônia que, na

sequência, é transformada em compostos nitrogenados exportados para a planta via xilema, principalmente na forma de ureídeos (PRANDO *et al.*, 2019. HUNGRIA *et al.*, 2007).

A inoculação é importante não somente em áreas de primeiro ano de cultivo de soja, onde as bactérias fixadoras de N₂ estão ausentes ou em baixa população no solo. Também demonstra extrema relevância de uso em áreas frequentemente cultivadas com soja, com a opção de realização da inoculação via sementes ou sulco de semeadura, de acordo com o nível tecnológico das propriedades (PRANDO *et al.*, 2019. HUNGRIA *et al.*, 2007).

Considerando a importância do tratamento de sementes e da sua complexa relação com a inoculação de bioinsumos via sementes, pesquisas que buscam contribuir com a formação do conhecimento nesta área são extremamente relevantes, uma vez que a inoculação com *Bradyrhizobium* é de baixo custo e supre boa parte do nitrogênio necessário pela cultura da soja, desde que o processo seja realizado em condições edafoclimáticas adequadas (PINTO *et al.*, 2023). O objetivo desta pesquisa foi avaliar a eficiência de diferentes métodos de tratamentos de sementes com a associação da inoculação de bactérias do gênero *Bradyrhizobium*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em uma lavoura comercial com sistema de rotação de

culturas consolidado na cidade de Tupanciretã no estado do Rio Grande do Sul, sob coordenadas de 29°6'17.87"S, 54° 0'18.14"O, em uma altitude média de 475 m. Segundo a classificação Köppen o clima da região é subtropical, do tipo Cfa e o solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico (MSRS, 2023).

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos pela combinação dos tipos de tratamento de sementes (ausente, *on farm* e TSI) e pela inoculação com *Bradyrhizobium* (ausente e presente). As unidades experimentais foram compostas por 5 linhas com 6 metros de comprimento e para as avaliações finais de produtividade foi considerada a área útil de 3 metros nas fileiras centrais de cada parcela. A área de circulação entre blocos foi de 0,50 m.

O tratamento *on farm* foi realizado com uma carreta tratadora de sementes Stara Sfil, fazendo uso dos fungicidas Apron RFC[®], dose de 1 ml kg⁻¹ de sementes e Certeza N[®], 2 ml kg⁻¹ de sementes, o inseticida Fipronil 250[®], dose de 1 ml kg⁻¹ de sementes, fertilizante líquido Fertiactyl Leg[®], 1,5 ml kg⁻¹ de sementes, com 0,5 ml de água por kg de sementes. O Tratamento Industrial (TSI) foi adquirido da empresa Cotrijal, já pronto para a semeadura. A inoculação foi realizada no dia da semeadura (com pelo menos 24 horas de intervalo entre tratamento de sementes e inoculação) em local

sombreado com produto comercial Rizoplant L[®] na forma líquida a base de *Bradyrhizobium* sp., com população de bactérias igual a 7×10^9 UFC ml⁻¹ com dose utilizada de 1,5 ml kg⁻¹ de semente. Após o tratamento, as sementes foram mantidas em condições de armazenamento em local fresco com temperatura ambiente ao abrigo da radiação solar. O processo de inoculação foi realizado de maneira manual com o uso de uma seringa, feito a sombra, com a utilização de um recipiente plástico limpo, sendo realizada a aplicação do inoculante nas sementes de forma homogênea e na dose recomendada pelo fabricante. Após a inoculação, as sementes ficaram secando a sombra por pelo menos 30 minutos antes da semeadura.

A área experimental contou com cultivo antecessor do trigo e posteriormente a colheita foi realizada a semeadura da soja até o primeiro decêndio de novembro de 2023. A cultivar utilizada foi a BMX Zeus IPRO que possui tipo de crescimento indeterminado, ciclo precoce com GMR de 5.5. A semeadura foi realizada com semeadora Semeato/Case, com 11 linhas e em espaçamento de 0,43 m entre fileiras em profundidade média de 5 cm com densidade de 15 sementes por metro linear. A adubação de base foi feita no sulco de semeadura, com adubo NPK (Top Phós[®]) incorporado no solo, na dose de 200 Kg ha⁻¹ e cloreto de potássio distribuído a lanço, na dose de 200 kg ha⁻¹. O manejo de controle de plantas daninhas, doenças e pragas foi realizado de maneira química preventiva.

A nodulação foi avaliada no estágio V3-V4 da escala de Fehr & Caviness (1977) pelo número de nódulos totais (NNT) através da amostragem de 5 plantas com as raízes intactas por parcela. Por fim, os nódulos foram destacados das raízes, lavados em água corrente, acondicionados em sacos de papel Kraft e levados a estufa para secagem a 50°C por 48 horas para a determinação da massa seca de nódulos (MSN).

Na colheita foi quantificada a produtividade com o uso da balança digital, corrigindo o teor de umidade para 13%. A colheita da área útil (5,16 m²) foi realizada de maneira manual, em que as amostras foram alocadas em embalagens e posteriormente avaliadas.

Os dados obtidos foram analisados previamente quanto ao atendimento das pressuposições da análise de variância, normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias, pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Na análise complementar, para os efeitos principais dos tratamentos foi utilizado o teste de T (LSD), em 0,05 de probabilidade. A análise estatística foi realizada com o pacote estatístico Sisvar.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas primeiras semanas após a semeadura ocorreram chuvas regulares no mês de novembro com acumulado que superou 200 mm

(Figura 1). De maneira geral, observou-se regularidade nos períodos subsequentes totalizando no ciclo da soja 1003 mm acumulados. Porém, menores intensidades pluviométricas foram registradas no início de

janeiro e na transição para o mês de fevereiro, estendendo pelo primeiro decêndio.

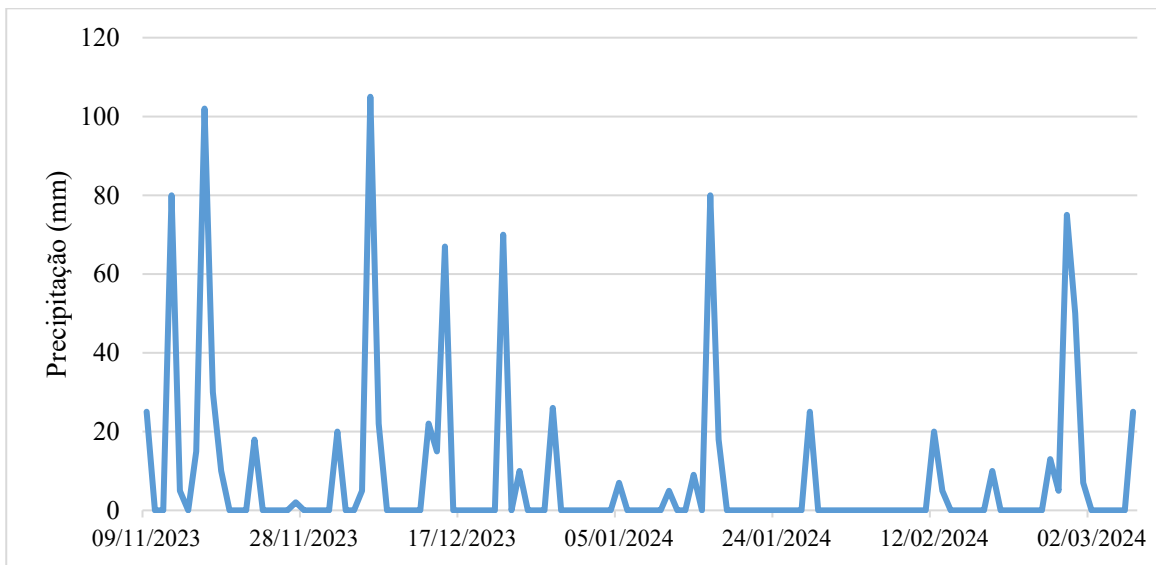


Figura 1 - Precipitação pluviométrica (mm) no período experimental.

Houve diferença significativa para o número total de nódulos e para a massa seca de nódulos avaliados no estágio V4 (Figura 2). Para o número total, os valores variaram de 33 até 50 nódulos, nos tratamentos TSI sem inoculação e sem TS com inoculação, respectivamente, com incremento de aproximadamente 50% no total de nódulos. De maneira geral, observou-se que os tratamentos com ausência de inoculação apresentaram valores reduzidos no número de nódulos em comparação com a ocorrência de inoculação na safra. Em valores absolutos, o TSI reduziu a quantidade de nódulos em aproximadamente 17% quando acompanhado da

inoculação. Apesar de necessário para a proteção vegetal, produtos químicos utilizados no tratamento de sementes podem reduzir a capacidade de associação simbiótica entre bactérias e plantas de soja.

As condições adversas podem afetar significativamente a nodulação. Assim, a adoção de tecnologias que aliviam essas condições para plantas e bactérias nos estágios iniciais do ciclo de crescimento são importantes. Por exemplo, a inoculação com rizóbio no solo e próximo à semente pode evitar o contato entre as bactérias sensíveis e os pesticidas, micronutrientes e

outros produtos químicos usados no tratamento de sementes (HUNGRIA *et al.*, 2015).

Também, o tratamento precoce de sementes de soja (60 dias antes da semeadura) pode afetar o desenvolvimento inicial das plantas, mas não prejudica a produtividade (CARVALHO *et al.*, 2020). Segundo KAUR *et al.* (2007), o Carbendazim é tóxico para a bactéria do nódulo em comparação com o Captan. Captan não mostrou nenhum efeito de redução na colonização nativa de *Rhizobium*.

Há também estudos que relatam que tratamentos de sementes com fungicidas apresentaram redução no número de nódulos,

indicando que reduzem o efeito da inoculação. A combinação dos ingredientes ativos Carbendazim + Tiram foram os mais tóxicos (ROGESKI & LAZARETTI, 2020).

Outra pesquisa sugere que as moléculas thiametoxam, fludioxonil + metalaxyl-m e thiabendazole possuem efeito fitotóxico às bactérias, podendo inibir a fixação biológica ou diminuir a viabilidade do inoculante. Isso evidencia que a maioria dos tratamentos apresentam maior fitotoxicidade as bactérias inoculadas e não às bactérias nativas (SANTOS *et al.*, 2013).

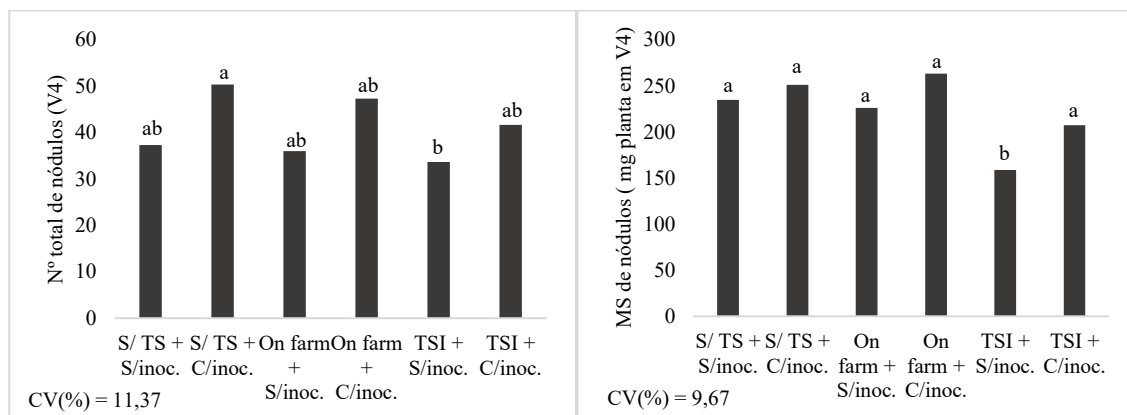


Figura 2. Número e massa seca de nódulos no estágio V4 da soja submetida aos tratamentos de sementes associados ou não à inoculação.

*Médias não seguidas por mesma letra diferem pelo teste t (LSD) em 5% de probabilidade.

Para a massa seca de nódulos, os valores variaram de 158,8 a 263,4 mg planta⁻¹ nos tratamentos TSI sem inoculação e TS *on farm* com inoculação. Apenas o tratamento com TSI e ausência de inoculação apresentou menor média e diferiu estatisticamente dos demais. Estes resultados demonstram que práticas de

tratamento químico e biológico como a inoculação interagem no sistema de produção e merecem destaque para contribuir com incrementos produtivos e com a sustentabilidade agrícola.

Tratamento à base de inoculante líquido + protetor + Cropstar + Apron obtém resultados

superiores no número de nódulos e massa seca de nódulos, quando comparado com os demais tratamentos, como: inoculante líquido + protetor + Fortenza + Cruiser + Maxim e também Inoculante líquido + protetor + Avicta + Cruiser + Maxim (OLIVEIRA et al., 2024). Segundo SANTOS et al. (2013) apenas o uso do inoculante é o mais efetivo no aumento da massa seca de nódulos, superando outros tratamentos com químicos devido ao efeito fitotóxico dos produtos químicos, que além de danificar a nodulação ainda diminuem a viabilidade dos nódulos, o que diretamente expresso pela massa dos nódulos.

Não foi verificada diferença significativa para a produtividade de grãos. A produtividade variou de 5655 kg ha⁻¹ até 6045 kg ha⁻¹. Apesar da ausência de significância estatística, esta variação representa aproximadamente 7% e a maior produtividade foi observada no tratamento TSI com inoculação. O uso do tratamento de sementes é preponderante para o bom estabelecimento da lavoura, bem como, a inoculação. Apesar de estabelecidos os benefícios da inoculação em todas as safras na cultura da soja, muitos produtores optam pela não realização por observarem nódulos nativos nas raízes de soja (HENNING & LEITE, 2023) apresentam menor tamanho e capacidade de fixação de nitrogênio. Na safra 22/23, segundo pesquisa de mercado da Kynetec, ocorreu adesão ao uso de inoculação em 57% no Rio Grande do Sul, enquanto que Mato Grosso do

Sul, Mato Grosso, Minas Gerais, Goiás e Bahia os percentuais foram superiores à 88%. Estados como Maranhão, Piauí e Tocantins atingiram percentuais iguais ou superiores à 99%, ratificando a importância da inoculação para o aumento da rentabilidade na cultura da soja em nível Nacional.

A soja necessita a extração de aproximadamente 80 kg N por tonelada de grãos produzida (BENDER *et al.*, 2015), sendo a inoculação uma prática sustentável para satisfazer parcialmente esta necessidade, em aproximadamente 60% (CIAMPITTI e SALVAGIOTTI, 2018). Neste caso, para a produtividade de 6000 kg ha⁻¹ é necessária a extração de aproximadamente 480 kg N ha⁻¹. O restante do N necessário que não provém da fixação biológica é extraído do solo, principalmente da mineralização da matéria orgânica e, neste contexto, a baixa adesão ao uso de inoculação na cultura da soja pode afetar negativamente os sistemas de produção em médio a longo prazo. Além disso, o menor suprimento de N na cultura da soja tem afetado a qualidade alimentar, principalmente relacionada ao teor de proteínas nos grãos (SILVA et al., 2023).

Os resultados obtidos demonstram que a interação entre tratamentos químicos e biológicos exerce influência significativa na nodulação e na massa seca de nódulos da soja, destacando o impacto positivo da inoculação sobre a fixação biológica de nitrogênio. Embora

a produtividade de grãos não tenha apresentado diferenças estatisticamente significativas, as práticas avaliadas evidenciaram a importância de tecnologias que equilibram proteção e estímulo ao desenvolvimento simbiótico no sistema de produção.

4 CONCLUSÃO

Apesar de não haver diferença significativa na produtividade, no número total de nódulos o tratamento com a semente nua e inoculação a base de *Bradyrhizobium* se mostrou mais eficiente. Na massa seca de nódulos apenas o tratamento com TSI e ausência de inoculação apresentou menor média e diferiu estatisticamente dos demais, demonstrando a importância da inoculação em todas as safras de soja, independentemente do método de tratamento de sementes.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFZAL I; et al. **Recent advances in seed enhancements. In New Challenges in Seed Biology-Basic and Translational Research Driving Seed Technology.** InTechOpen, London, UK, 2016, p. 47–74.

BENDER, R.R.; HAEGELE, J.W.; BELOW, F.E. **Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern soybean varieties.** *Agronomy Journal*, v.107, p.563-573, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj14.0435>

CARVALHO, E.R; et al. Phytotoxicity in soybean seeds treated with phytosanitary products at different application times. *Journal of Seed Science*, v.42, 2020. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/jss/a/rBqP3FfqW4hFR7sXTTWVTct/?format=html>

CIAMPITTI, I.A.; SALVAGIOTTI, F. New insights into soybean biological nitrogen fixation. *American Society of Agronomy*, v.110, n. 4, 2018.

GOULART, A.C.P. **Setting a rating scale for assess Rhizoctonia solani lesions on cotton, soybean and common bean seedlings.** *Bioscience Journal*, Uberlândia, v.34, n.6, p.1632- 1639, 2018. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1105118/1/Biosc.Journ2018.pdf>

SILVA, E.H.F.M., LA MENZA, N.C., MUNARETO, G.G., ZANON, A.J., CARVALHO, K.S., MARIN, F. R., 2023. **Soybean seed protein concentration is limited by nitrogen supply in tropical and subtropical environments in Brazil.** *J. Agric. Sci.* 161, 279–290. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science/article/soybean-seed-protein-concentration-is-limited-by-nitrogen-supply-in-tropical-and-subtropical-environments-in-brazil/F5E809F06AAFA5A2BFDECA00DF3035B1>

GOULART, A.C.P. **Arrancada Promissora da Semente Depende do Tratamento.** *SEED POINT: O mundo da Semente*, p. 58-59, 2 set. 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1121496/1/Agranja.pdf>.

HENNING, A. A. **Patologia e tratamento de sementes: noções gerais.** 2. ed. Londrina - PR: Embrapa, 52 p., 2005. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO-2009-09/26692/1/documento264.pdf>.

HENNING, F. A.; LEITE, R. M. V. B. C. **Resumos Expandidos: 38º Reunião De Pesquisa De Soja.** Embrapa Soja, Eventos Técnicos & Científicos, n. 001, 2023. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream>

/doc/1156579/1/p-209-ETC-1-RPS-2023-res-exp-2-22.pdf

HUNGRIA, M.; et al. **A importância do processo de fixação**

biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro.

Documentos, Embrapa Soja, Londrina – PR, 82 p., 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/468512>

HUNGRIA, M; et al. **Alternative methods of soybean inoculation to overcome adverse conditions at sowing.** Academic Journals, Vol. 10(23), p. 2329-2338, 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1018244/1/Alternativemethodsofsoybeaninoculationto.pdf>

KAUR, C; et al. **Effect of Captan and Carbendazim Fungicides on Nodulation and Biological Nitrogen Fixation in Soybean.** Asian J. Exp. Sci., Vol. 21, No. 2, 2007, p. 385-388. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237471394_Effect_of_Captan_and_Carbendazim_Fungicides_on_Nodulation_and_Biological_Nitrogen_Fixation_in_Soybean

OLIVEIRA, D. S.; et al. **Uso da Pré-Inoculação em Sementes de Soja Tratadas com Defensivos.** Encontro Anual de Iniciação Científica, 2024. Disponível em: <http://www.eaic.uem.br/eaic2024/anais/artigos/7319.pdf>

PRANDO, A. M; et al. **Coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na safra 2019/2020 no paraná.** Circular técnica 166, Embrapa. Londrina – PR, 2020.

ROGESKI, R.; LAZARETTI, N. S. **Efeito do tratamento de semente sobre a inoculação em soja.** Revista Cultivando o Saber, p. 42 a 49, 2020. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/download/1037/962/>

SANTOS, P. F.; et al. **Efeito do tratamento de sementes na nodulação e crescimento inicial da cultura da soja.** Cultivando o Saber, Cascavel – PR, v. 6, n. 4, p. 96 - 108, 2013. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/561>

ZANON, A, J; et al. **Climate and Management Factors Influence Soybean Yield Potential in a Subtropical Environment.** Agronomy Journal, 2016, v. 108, p. 1447-1454. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0535>