

## DESENVOLVIMENTO INICIAL DA CULTURA DA SOJA SOB DIFERENTES DOSES DO INOCULANTE *BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM*

ADAME, Karina Sanderson.  
DEL PUPO, Tadeu.  
SPRICIGO, Eduardo Gehlen.  
BONOTTO, Bruno João.

### RESUMO

O Brasil é destaque mundial na produção de soja, visando produtividade aliados a menores custos, faz-se a utilização de microrganismos *Bradyrhizobium japonicum*, capazes de captar o nitrogênio atmosférico em formas assimiláveis pela planta de soja. Objetivou-se com esse trabalho testar diferentes doses do inoculante *Bradyrhizobium japonicum* a fim de avaliar a influência no desenvolvimento inicial da soja. O experimento foi conduzido no laboratório de análise de sementes Vigor Tested, no município de Cascavel, PR, no mês setembro de 2024. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições, os tratamentos foram: T1: sem aplicação do inoculante (testemunha); T2: 50 ml por 50 kg de sementes; T3: 100 ml por 50 kg de sementes e T4: 150 ml por 50 kg de sementes. A experimentação foi conduzida com a cultivar de soja BMX Cromo TF IPRO, da Brasmax e foi utilizado o inoculante *Bradyrhizobium Japonicum*, da Bioma Brady. Os parâmetros avaliados foram germinação (%), comprimento radicular (cm) e altura da parte aérea (cm). Realizou-se análise de variância dos dados por meio do teste F. Quando foram detectadas diferenças significativas, empregou-se o método de estudo de regressão e quando não identificadas utilizou-se o teste de Tukey a 5%. Conclui-se que as diferentes doses do inoculante não interferiram significativa no comprimento radicular. Já os parâmetros germinação e altura da parte aérea apresentaram diferenças significativas. A germinação aumenta linearmente com o aumento das doses de inoculante. A altura da parte aérea ajustou-se a uma da regressão quadrática, obtendo-se na dose de 123,75 ml para 50 kg de semente uma altura máxima de 12,12 cm.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Bradyrhizobium Japonicum*, inoculante, soja, *Glycine max*.

### 1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja hoje é considerada a principal commodity agrícola brasileira, sua sanidade é o resultado de esforços relacionados ao manejo, e ao tipo de nutrientes que a planta tem acesso. Mas condições adversas podem ocorrer e atrapalhar de alguma forma o ciclo da cultura.

No Brasil, a soja [*Glycine max* (L.) 23/24 apresentou 294,1 milhões de toneladas na produção, totalizando uma queda de 8%, comparada com a safra anterior, e tendo uma produtividade de 3.744 kg ha<sup>1</sup>, com uma área plantada de 78,53 milhões de ha<sup>1</sup>, no estado do Paraná a produção de 18,2 milhões de toneladas (CONAB, 2024). Efeito disso, são os muitos investimentos feitos pelos produtores, que buscam sempre alcançar o potencial máximo da cultura.

A cultura da soja tem uma alta necessidade de adubação nitrogenada, para produção de grãos, flores e raízes, mas devido aos elevados custos, o produtor não faz uma adubação nitrogenada adequada (CRISPINO *et al.* 2001). Por conta disso, uma das alternativas pode ser o uso de inoculantes, que tem uma função essencial na fixação de N atmosférico, ajudando no aumento de

produtividade e diminuição dos custos ao produtor (BRAGA JUNIOR *et al.*, 2018; DIAZ *et al.*, 2019). Com base nisto, o presente trabalho teve como objetivo testar diferentes doses do inoculante *Bradyrhizobium japonicum* a fim de avaliar a influência no desenvolvimento inicial da soja.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A soja [*Glycine max* (L.)], chegou ao Brasil no ano de 1982, introduzida primeiramente no estado da Bahia (MARTINS, 2023). Com o passar dos anos a soja cada vez mais vem sendo importante para o agronegócio mundial, na questão econômica e quando falamos de alimentação humana (EMBRAPA, 2021). No ranking de produção o Brasil é o maior produtor e no processamento da soja, se encontra na segunda posição (APROSOJA, 2022).

O destino desta oleaginosa, tem vários fins, como a exportação do grão in natura com quase 61% da sua produção em um total de 78,7 milhões de toneladas, 20,4 milhões de toneladas em farelo de soja e 2,6 milhões de toneladas em óleo. Os outros 39% da produção, são feitos processamentos tanto em farelo de soja para consumo animal, como para a indústria de óleo, alimentação humana e biodiesel (AGROADVANCE, 2024).

Devido ao crescimento exponencial da soja, muitas técnicas de manejos surgem a cada ano, mas alguns produtores optam sempre por seguir o mais básico. Dentro de manejos importantes, o nitrogênio ganha um grande destaque por ser um dos mais exigidos na cultura, e sua deficiência pode comprometer toda a produtividade (ZILLI *et al.* 2010). O nitrogênio é o nutriente em que a soja necessita em maiores quantidades durante o seu ciclo, aproximadamente 80kg de N são necessários para cada tonelada de soja que é produzida. Sua utilização na cultura da soja é indispensável, pois participa de todas as fases de desenvolvimento (CRISPINO *et al.* 2001)

Grande parte do nitrogênio em sua forma ambiente na atmosfera, se encontra na forma de N<sub>2</sub>, com aproximadamente 78%, sendo essa a principal fonte do elemento, mas também é encontrado na forma orgânica e inorgânica, em menor proporção (ELEVAGRO, 2022). As plantas só conseguem absorver o nitrogênio quando ele está disponível na forma de íons, nitrito (NO<sup>3-</sup>) ou nitrato (NH<sup>4+</sup>), por isso se faz necessário essa quebra da molécula de N<sub>2</sub>, para que as raízes das plantas o absorvam e façam com que ele seja transportado para as partes de maior necessidade do vegetal (FAPESP, 2023).

Diante destas dificuldades de absorção e sua devida importância, a utilização de bactérias fixadoras de nitrogênio vem crescendo a cada ano. As bactérias utilizadas para fazer a fixação

biológica do N são classificadas como rizóbio e mais conhecidas como *Bradyrhizobium japonicum*. É de grande importância a utilização destes inoculantes a base de *Bradyrhizobium* em áreas de primeiro ano de cultivo da soja, pois nestes solos há uma população muito baixa dessas bactérias, mas não deixando de utilizar em safras a frente (HUNGRIA *et al.* 2001). Essas bactérias são inoculadas junto as sementes da soja.

Na fixação biológica de nitrogênio (FBN) muitos processos são envolvidos entre a bactéria e planta. O aparecimento dos primeiros nódulos é em zonas de prolongamento celular e em pequenas cerdas radiculares, sendo essas as principais regiões em que se fixam nas plantas (RODRIGUES, 2017). Essas bactérias formam nódulos nas raízes das plantas, onde irá ocorrer a fixação do N atmosférico (SANTOS *et al.* 2024). Em solos onde não houve a inoculação com *Bradyrhizobium* as plantas apresentaram pouco nódulos, apresentando uma necessidade de utilização da bactéria (ZILLI *et al.* 2010).

A utilização da bactéria vem mostrando um aumento em produtividade em lavouras de soja. Segundo (PARDINHO e PRIMIERI, 2015) apresentou maior produtividade 55,59 sacas por hectare, e maior peso de grãos 184,6g quando comparado com a testemunha com 41,93 sacas por hectare e peso de grãos de 162g. Avaliando o peso de 1.000 grãos e produtividade por hectare, a inoculação das sementes se mostrou mais eficaz em comparação a utilização da adubação química (FARINÁCIO e OLIVEIRA, 2019).

### 3. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido e analisado no laboratório de análise de sementes Vigor Tested, no município de Cascavel, Paraná, no mês setembro de 2024. A cultivar de soja escolhida foi a BMX Cromo TF IPRO da Brasmax que possui alto potencial produtivo, estabilidade produtiva e precocidade. Foi utilizada a bactéria fixadora de nitrogênio *Bradyrhizobium Japonicum*, da marca Bioma Brady que possui alta qualidade e grande concentração, favorece a nodulação de coroa.

O inoculante foi depositado em sacos plásticos, onde se acondicionou também as sementes e, posteriormente, realizada a agitação dos sacos plásticos por 1 minuto, atingindo cobertura homogênea sobre as sementes. Para facilitar a homogeneização, foi adicionado a todos os tratamentos 0,5 mL de água destilada, incluindo na testemunha. Os tratamentos utilizados foram: T1: sem aplicação do inoculante (testemunha); T2: 50 ml por 50 kg de sementes; T3: 100 ml por 50 kg de sementes e T4: 150 ml por 50 kg de sementes.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições. Para o teste de germinação, 50 sementes tratadas foram dispostas em uma folha de papel Germitest® umedecida com água destilada em quantidade duas vezes a do peso do papel e, posteriormente, coberta com mais uma folha de papel Germitest®, da mesma forma umedecida e depois enroladas. Cada parcela foi constituída de 5 rolos, embrulhadas posteriormente em um único rolo, totalizando 250 sementes por parcela. Foram dispostas na posição vertical dentro de germinador com temperatura de 25°C com variação de temperatura de +/- 1°C e fotoperíodo de 12 horas de luz por 8 dias, de acordo com as prescrições das RAS (BRASIL, 2009).

Após os 8 dias as amostras foram retiradas da incubadora B.O.D e foram escolhidas 05 plantas aleatórias de cada parcela para avaliação da germinação (%), comprimento radicular (cm) e altura da parte aérea (cm).

As análises estatísticas dos dados obtidos foram realizadas de acordo com o modelo matemático apropriado para o delineamento adotado. Foi utilizado o programa computacional SISVAR, versão 5.8, Build 92, desenvolvido por Ferreira (2000), realizando a análise de variância dos dados por meio do teste F. Quando foram detectadas diferenças significativas, empregou-se o método de estudo de regressão e quando não identificadas utilizou-se o teste de Tukey a 5%, conforme metodologia recomendada por Banzatto e Kronka (1995).

#### 4. ANÁLISES E DISCUSSÕES

O p-valor a 5% de significância, em relação análise de variância dos dados por meio do teste F para o parâmetro comprimento radicular, não apresentou diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para as diferentes doses do inoculante e a média geral foi de 15,49, conforme mostra a Tabela 1.

Contudo, Dias *et al.*, (2022), em um experimento realizado para avaliar o uso do inoculante *Bradyrhizobium japonicum* na cultura da soja, observaram diferença significativa para a variável comprimento da raiz entre os tratamentos, diferiram da testemunha. Esse resultado indicou que o uso do inoculante impactou no crescimento radicular das plantas.

O coeficiente de variação para o comprimento radicular (52,30%) foi muito alto, mostrando uma variabilidade dos dados em relação à média. Como explica a classificação proposta por Pimentel-Gomes (1985), onde o CV será baixo quando inferior a 10%; médio, entre 10 e 20%; alto, quando entre 20 e 30%; e muito alto, quando são superiores a 30%.

Tabela 1 - Média do comprimento radicular (cm)

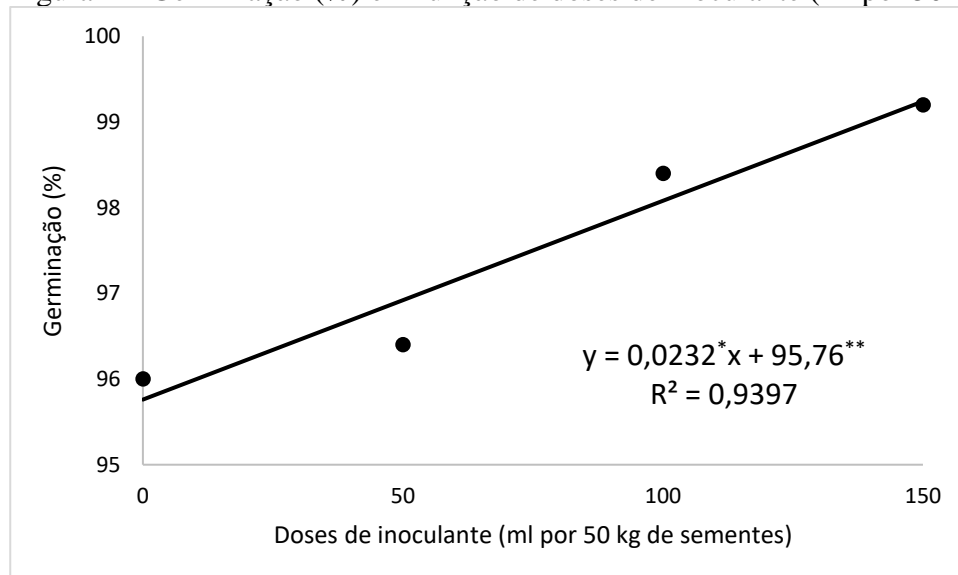
Tratamentos	C.R
-------------	-----

T1	12,24 a
T2	14,86 a
T3	21,30 a
T4	13,58 a
Média	15,49
C.V. (%)	52,30
Shapiro Wilk	0,0608
p-valor ANOVA	0,3318 <sup>ns</sup>

CV%: Coeficiente de variação; C.R.: comprimento radicular. ns.: não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro. Médias seguida de mesma letra na coluna não diferem entre si.

Os p-valores a 5% de significância, em relação análise de variância dos dados por meio do teste F para os parâmetros germinação e altura da parte aérea apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). Na Figura 1, são expostos os resultados obtidos das médias da germinação (%) para as diferentes doses do inoculante. A germinação foi significativamente influenciado pelas doses de inoculante, ajustando-se a uma regressão linear.

Figura 1 – Germinação (%) em função de doses de inoculante (ml por 50 kg de sementes)



\*: significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F

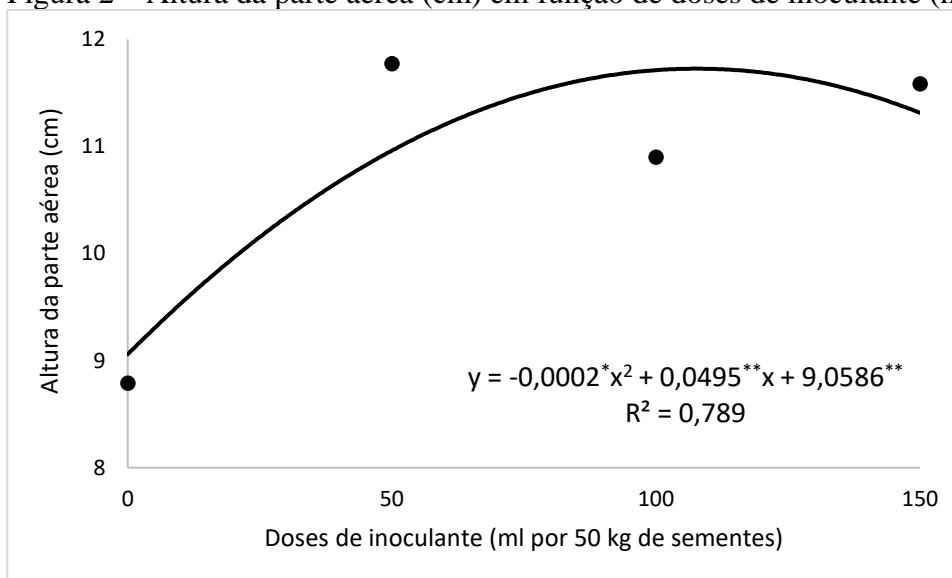
Verificou-se que a germinação aumenta linearmente com o aumento das doses de inoculante. Para cada ml por 50 kg de sementes a germinação aumenta aproximadamente 0,0232%. O resultado

mais satisfatório foi com a dosagem de 150 ml para 50kg de semente, apresentando 99% de germinação.

Garcia (2015) visando avaliar o efeito de doses de *B. japonicum* e *A. brasilense* isolados e em conjunto na produtividade e qualidade fisiológica das sementes de dois cultivares de soja, observou que para a interação com 200 mL ha<sup>-1</sup> de *B. japonicum* coinoculado com 100 mL ha<sup>-1</sup> de *A. brasilense*, obteve-se 85,5% de germinação. Este mesmo autor relata ainda que os valores de germinação mais expressivos foram para as doses de 200 e 400 mL ha<sup>-1</sup> de *A. brasilense* aplicado isoladamente. Turner e Backman (1991) descrevem em seus estudos que em plântulas de amendoim as bactérias afetaram positivamente na germinação.

A Figura 2 mostra os resultados obtidos das médias da altura da parte aérea (cm) para as diferentes doses do inoculante.

Figura 2 – Altura da parte aérea (cm) em função de doses de inoculante (ml por 50 kg de sementes)



\*: significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F

O conteúdo acumulado de doses de *Bradyrhizobium japonicum* influenciou na altura da parte aérea. O modelo de regressão que mais se adequou aos dados foi o quadrático, obtendo-se na dose de 123,75 ml para 50 kg de semente uma altura máxima de 12,12 cm. A partir dessa dose houve redução da altura da parte aérea (Figura 2).

Conceição *et al.* (2008) observaram que o desenvolvimento da parte aérea das plantas, quando inoculadas, aumentou, apresentando um valor médio de 606,7 mg, enquanto a média referente a testemunha apresentou 431,4 mg em comprimento de parte aérea. Resultados diferentes foram

encontrados por Dias *et al.* (2022), onde não se analisou diferença relevante na variável comprimento da parte aérea, tanto as sementes inoculadas quanto a testemunha apresentaram médias próximas. Porém, comparando as médias dos dois tratamentos, as sementes inoculadas apresentaram maior comprimento na parte aérea, quando comparada a testemunha.

## 5. CONCLUSÃO

Conclui-se que as diferentes doses do inoculante *Bradyrhizobium japonicum* não interferiram significativamente no comprimento radicular. Já os parâmetros germinação e altura da parte aérea apresentaram diferenças significativas, sendo afetados pela interação entre doses de *Bradyrhizobium japonicum*. A germinação aumenta linearmente com o aumento das doses de inoculante. A altura da parte aérea ajustou-se a uma da regressão quadrática, obtendo-se na dose de 123,75 ml para 50 kg de semente uma altura máxima de 12,12 cm.

## REFERÊNCIAS

AGROADVANCE. **Subprodutos da soja**. Agroadvance, 12 jun. 2024. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-subprodutos-da-soja/>. Acesso em: 23 de setembro de 2024.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S. N. Experimentação agrícola. 3.ed. **Jaboticabal: FUNEP**, 245p, 1995.

BRAGA JUNIOR, G. M. *et al.* Efficiency of inoculation by *Bacillus subtilis* on soybean biomass and productivity. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.13 n.4, 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília,DF: MAPA/ACS, 395 p., 2009.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: safra 2022/23: nono levantamento, v.7, n.9, jun. 2020. Disponível em: <[https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/32083\\_394e261c476ea1d66359bed03d095ecb](https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/32083_394e261c476ea1d66359bed03d095ecb)>. Acesso em: 25 de setembro de 2024.

CONCEIÇÃO, P. M. *et al.* Recobrimento de sementes de milho com ácidos húmicos e bactérias diazotróficas endofíticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Campos dos Goytacazes, RJ, v.43, p.545- 548. 2008.

CRISPINO, C. C; FRANCHINI, C. J; MORAES, Z. J; SIBALDELLE, R. N. R; LOUREIRO, F. M; SANTOS, N. E; CAMPO, J. R; HUNGRIA, M. *et al.* **Adubação nitrogenada na cultura da soja**. EMBRAPA SOJA. v.75, p. 1-6, nov 2001.

DIAS, B.P. *et al.* Avaliação do uso do inoculante *Bradyrhizobium Japonicum* na cultura da soja (*Glycine Max*) em Colmeia - TO. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 15, 2022.

DIAZ, P.A.E. *et al.* Bacillus spp. as plant growth-promoting bacteria in cotton under greenhouse conditions. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 12, p. 2019.

ELEVAGRO. **Uma visão geral sobre o nitrogênio**. Elevagro, 15 fev. 2022. Disponível em: <https://elevagro.com/blog/uma-visao-geral-sobre-o-nitrogenio/>. Acesso em: 23 de setembro de 2024.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA **História da soja**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/historia>. Acesso em: 23 de setembro de 2024.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA **Importância socioeconômica da soja**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica-da-soja>. Acesso em: 23 de setembro de 2024.

FARINÁCIO, S. C. F.; OLIVEIRA, P. C.; Inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e adubação nitrogenada na cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill). **Observatório de la Economia Latinoamericana**. ISSN-e 1696-8352 n. 11, nov. 2019.

FAPESP. Estudo identifica mecanismo de controle de assimilação de nitrogênio pelas plantas. Agência FAPESP, 22 mar. 2023. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/estudo-identifica-mecanismo-de-controle-de-assimilacao-de-nitrogenio-pelas-plantas/20528>. Acesso em: 23 de setembro de 2024.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais... São Carlos**: UFSCar, p. 255-258, 2000.

GARCIA, A. Doses de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento das plantas, na produção e na qualidade fisiológica de sementes de soja. 2015. **Dissertação (Mestrado)** – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 54 f., 2015.

HUNGRIA, M.; CAMPOS, J. R.; MENDES, C. I.; et al. Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. Londrina: **EMBRAPA SOJA**, n.35, p.48, 2001.

MARTINS, R. A saga da soja no Brasil: como o grão dominou as lavouras do país. Forbes Brasil. 10 jan. 2023. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbesagro/2023/01/a-saga-da-soja-no-brasil-como-o-grao-dominou-as-lavouras-do-pais/>. Acesso em: 23 de setembro de 2024.

PARDINHO, P. P.; PRIMIERI, C.; *et al.* Produtividade da soja em relação à inoculação e co-inoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Revista Cultivando o Saber**. Edição Especial, p. 109-114, 2015.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 12. ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 467p., 1985.

RODRIGUES, A.S.P. Aspectos que interferem na nodulação e fixação biológica de nitrogênio por bradyrhizobium na cultura da soja. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)**. Universidade de Cuiabá, Primavera do Leste, 34 p., 2017.

SANTOS, F. C. A; LEÃO, R. A. P.; LIMA, P. R.; et al. A importância da inoculação na semente da soja. **Revista multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v.04, 2024

TURNER, J. T; BACKMAN, P. A. Fatores relacionados ao amendoim rendimento aumenta após tratamento de sementes com Bacillus subtilis. **Doenças de plantas**, v.75, n.4, p.347-353, 1991.

ZILLI, J. É.; GIANLUPPI, V.; CAMPO, R. J.; ROUWS, J. R. C.; HUNGRIA, M. Biologia do solo. In: EMBRAPA. Inoculação da soja com Bradyrhizobium no sulco de semeadura alternativamente à inoculação de sementes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. SCIELO, dez. 2010.