

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES DOSES DE *Bacillus subtilis* NA GERMINAÇÃO DA CULTURA DA SOJA

POTULSKI, João Vitor¹
HELVIG, Enelise Osco²

RESUMO

Bacillus subtilis são rizobactérias capazes de gerar maior solubilização de fósforo, maior produção de substâncias promotoras de crescimento, promovendo melhor germinação de sementes de soja. Sendo assim o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes doses de *Bacillus subtilis*, na germinação da cultura da soja. O Experimento foi realizado no laboratório de Fitopatologia, no Centro Universitário Campo Real, onde foram utilizadas sementes com tratamento industrial e sementes sem tratamento industrial, nas doses de 0 ml kg⁻¹, 1 ml kg⁻¹, 1,5 ml kg⁻¹, 2 ml kg⁻¹, 3 ml kg⁻¹ e 4 ml kg⁻¹, sendo essas doses abaixo da recomendada pelo fabricante, recomendada e elevadas. As avaliações foram realizadas 7 dias após a inoculação, em que foi avaliado o número de sementes normais, anormais e mortas por tratamento. Nos resultados obtidos neste estudo, o tratamento com a dose recomendada obteve número de plantas normais superior aos demais, já os tratamentos com doses elevadas prejudicaram o desenvolvimento das plantas e as inferiores não apresentaram diferença quando comparado com a testemunha sem aplicação.

Palavras-chave: Microrganismos. Rizobactérias. Tratamento de sementes. *Glycine max*.

ABSTRACT

Bacillus promoted subbacteria are production of rhizobacteria capable of generating phosphorus solutions, most of the growth promoting substances, better germination of soybean seeds, thus increasing higher profits in agricultural crops. Therefore, the work had to evaluate the influence of different doses of *Bacillus subtilis*, in the germination of the soybean crop. The experiment was carried out in vitro in the Phytopathology laboratory, at Centro Universitário Campo Real, where seeds with industrial treatment and seeds without industrial treatment were used, at doses of 0 ml kg⁻¹, , 1.5 ml kg⁻¹, 2 ml kg⁻¹, 3 ml kg⁻¹ and 4 ml kg⁻¹, these doses being below the recommended dose by the manufacturer, recommended dose and number of horse doses, as estimates were performed 7 days after inoculation, where normal seeds were evaluated, abnormal and killed by treatment. Our results obtained study, the treatment with a recommended dose obtained normal plants superior to the others, the treatments with superior doses harmed the development of the plants and with inferior doses they did not present superiority over as controls statistically.

Keywords: Microorganisms. Rhizobacteria. Seed treatment. *Glycine max*.

¹Acadêmico do curso de Engenharia Agrônômica do Centro Universitário Campo Real, Guarapuava – PR, Brasil. (eng-joapotulski@camporeal.edu.br).

²Docente orientadora do curso de Engenharia Agrônômica do Centro Universitário Campo Real, Guarapuava – PR, Brasil. (prof_enelisehelvig@camporeal.edu.br).

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é o principal grão do agronegócio brasileiro, com uma grande área de produção no país. No ano de 2021 a área cultivada teve um aumento de 3,7%, onde na safra 2018/19 a área total era em torno de 33,900 milhões de hectares, já na safra 2019/20 a área plantada chegou em torno de 38,502 milhões de hectares, o que teve como consequência um aumento na produção de 4,3% chegando a 135,409 milhões de toneladas (CONAB, 2022).

O Brasil produz em torno de 30% da oferta global de soja, chegando a primeira colocação no ranking de maiores produtores da soja do mundo. O estado brasileiro que tem maior destaque no que se diz respeito à produtividade é o Mato Grosso, que na safra 2019/20 chegou a produzir em torno de 38,502 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2021).

Conforme França Neto et al. (2016) a semente é o principal componente para a formação de uma lavoura, sendo assim, a mesma deve apresentar boa qualidade fisiológica, genética e sanitária. No campo a semente pode ser prejudicada por estresses climáticos e nutricionais, juntamente com danos causados por patogenias, insetos e fitopatógenos, onde estes são avaliados como as principais causas de danificação da semente.

Geralmente, a maioria das sementes de soja comercializadas no Brasil são tratadas individualmente ou com combinações de produtos, sendo eles fungicidas, inseticidas, entre outros. Além dos produtos químicos são utilizados outros produtos como os biológicos, estes apresentam inúmeros benefícios a planta como aumento na germinação e emergência de sementes (LAZARETTI; BETTIOL, 1997).

Visando o aumento da produção agrícola, a utilização de micro-organismos promotores de crescimento certamente é uma ótima opção para a agricultura mundial nos dias de hoje. A demanda pelo uso desses produtos junto ao tratamento de sementes vem aumentando cada vez mais. Levando em consideração que se deve diminuir a dependência por fertilizantes químicos e aumentar o nível da agricultura sustentável (MACHADO et al., 2012).

A utilização de microrganismos promotores de crescimento, é uma solução no que se diz respeito aos danos ambientais causados pela utilização inadequada e excessiva de produtos químicos, além disso o uso dos mesmos ajuda no aumento de produtividade e diminuição dos custos ao produtor (BRAGA JUNIOR et al., 2018; DIAZ et al., 2019).

As rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCP) aumentam o crescimento das mesmas colonizando as raízes, além de promover a absorção de

nutrientes principalmente o fósforo, por meio da solubilização de fosfatados, a sintetização de fito hormônios, como ácido indol acético (AIA) e também auxilia na fixação biológica de nitrogênio (CONTRERAS-CORNEJO et al., 2016; ZEILINGER et al., 2016). Dentre os inúmeros benefícios que estes microrganismos trazem as plantas, está a germinação de sementes, emergência de plântulas, desenvolvimento e produtividade de grãos (LIMA, 2011).

Em leguminosas, bactérias do gênero *Bacillus* apresentam efeitos positivos no que se diz respeito a nodulação, as mesmas podem atuar no controle biológico, trazendo como consequência um aumento na produtividade. Essas espécies têm influência positiva na germinação das culturas, pois estas produzem substâncias promotoras de crescimento e melhoram a nutrição das plantas, principalmente as solubilizadoras de fósforo (LIMA, 2011).

Visando buscar alternativas para aumentar a produção e lucros nas culturas agrícolas, além da conscientização da utilização da dose remendada dos produtos, para diminuição de gastos, o presente trabalho teve como objetivo testar diferentes doses do inoculante *Bacillus subtilis* a fim de avaliar a influência da germinação e arranque inicial da cultura da soja (*Glycine max*) 58i60 BMX lança, com e sem tratamento de sementes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de Fitopatologia do Centro Universitário Campo real, localizado em Guarapuava-PR, sob as coordenadas geográficas 25°24'12"S 51°28'17"W. A cultura escolhida foi a soja (*Glycine max*) cultivar 58i60 BMX lança, produzida na safra 2021/22, na cidade de Abelardo Luz, que se localiza no Oeste de Santa Catarina.

As sementes foram separadas igualmente em duas amostras, na primeira amostra a semente não continha nenhum tipo de tratamento industrial (semente branca – sem TSI) e posteriormente foi inoculado o microorganismo *Bacillus*. A segunda amostra possuía TSI, com Clorantraniliprole (Dermacor®) e Metalaxil-m + Fludioxonil (Maxim® XL), nas dosagens de 1 ml kg⁻¹ de cada produto, o qual também recebeu inoculação com *Bacillus*.

O experimento foi repetido duas vezes, totalizando 2400 sementes, ou seja, 1200 sementes por repetição. Por tratamento foram selecionadas 200 sementes, os quais foram subdivididos em quatro subamostras com 50 sementes por papel germitest. Foram realizados 6 tratamentos utilizando sementes sem TSI e 6 tratamentos com TSI, testando as seguintes dosagens: 1 ml kg⁻¹, 1,5 ml kg⁻¹, 2 ml kg⁻¹, 3 ml kg⁻¹ e 4 ml kg⁻¹ (Tabela 1).

Tabela 1. Tratamentos testados e suas respectivas doses

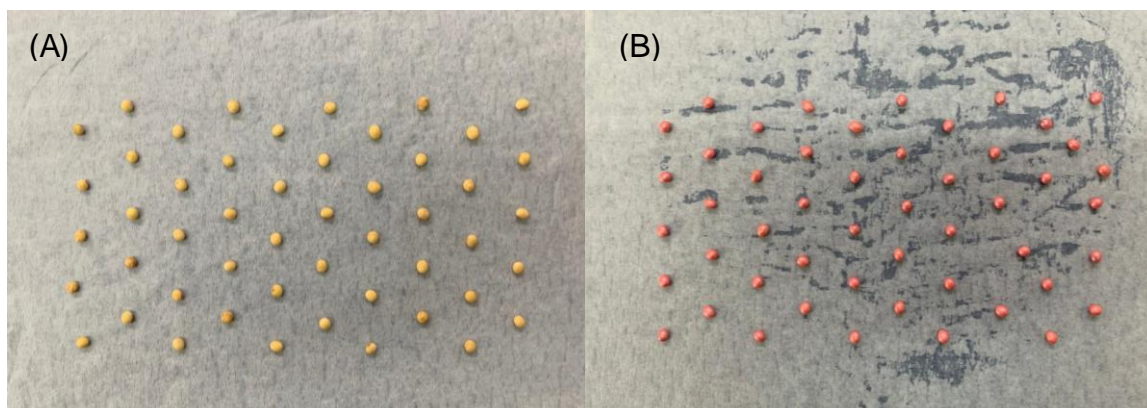
Tratamento	Semente	Dose ml kg ⁻¹
Testemunha ¹	Sem TSI	0
T 1 ¹	Sem TSI	1
T 2 ¹	Sem TSI	1,5
T 3 ¹	Sem TSI	2
T 4 ¹	Sem TSI	3
T 5 ¹	Sem TSI	4
Testemunha ²	TSI	0
T 1 ²	TSI	1
T 2 ²	TSI	1,5
T 3 ²	TSI	2
T 4 ²	TSI	3
T 5 ²	TSI	4

T1¹, T2¹, T1² e T2²: doses inferiores ao recomendado; T3¹ e T3²: doses recomendadas pelo fabricante; T4¹, T5¹, T4² e T5²: doses superiores ao recomendado.

Fonte: O Autor (2022).

Para a inoculação das sementes foram utilizados sacos plásticos, onde o inoculante foi medido com uma pipeta volumétrica e adicionado junto as sementes, posteriormente, o pacote foi agitado manualmente até que se fizesse homogenia a mistura. As sementes foram posicionadas com o auxílio de um contador de sementes, em papel germitest, previamente umedecidos com água (Figura 1), posteriormente o papel foi enrolado e levado a germinadora Mangelsdorf em uma temperatura constante de 25 ± 2 °C (Figura 2).

Figura 1. Posicionamento das sementes em papel para germinação; (A) Sementes sem TSI; (B) Sementes com TSI.



Fonte: O Autor (2022)

Figura 2. Posicionamento dos tratamentos em rolos em papel para germinação, na estufa Mangelsdorf.

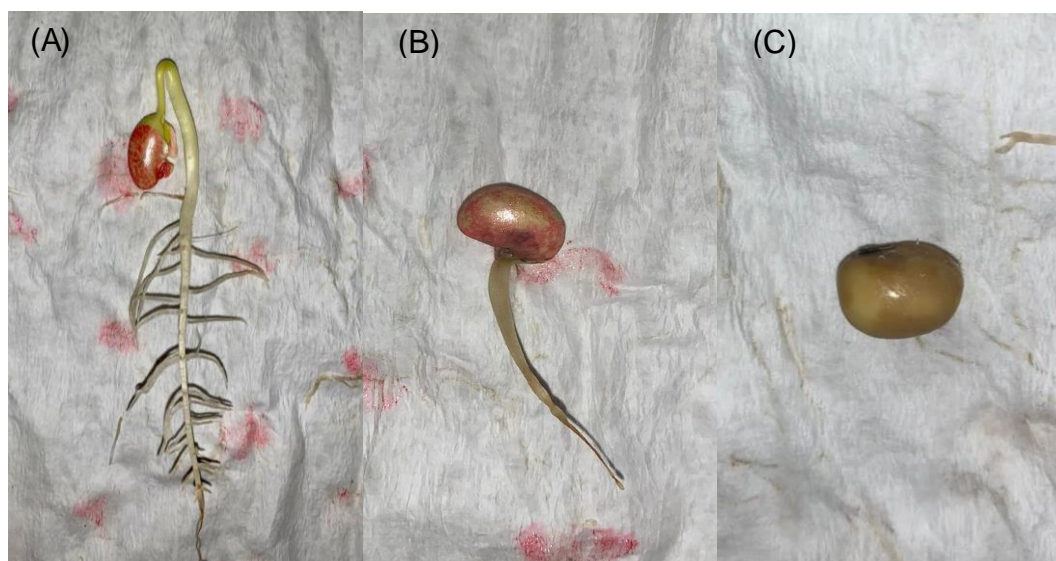


Fonte: O Autor (2022).

Para realizar as avaliações, ocorreu a separação em plântulas normais em que a plântula se apresentava em perfeito estado com raízes secundárias bem desenvolvidas; as sementes anormais apresentavam algum defeito na raiz e ausência raízes de secundárias; por fim as sementes mortas foram selecionadas quando não apresentavam sinal de germinação.

As avaliações foram realizadas com intervalo de 7 dias após a instalação de cada repetição, e contabilizado o número de plântulas normais, anormais e também das que estavam mortas. (Figura 3).

Figura 3. (A) Padrão de Plântulas normais; (B) anormais; (C) mortas.



Fonte: O Autor (2022).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Tukey à 5% de probabilidade, utilizando o programa AgroEstat.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar as plantas normais, anormais e mortas de sementes sem tratamento industrial de sementes (TSI) e com TSI, com diferentes doses de *Bacillus subtilis*, observou-se que houve diferença significativa entre os tratamentos. Nas doses 2 e 3 ml kg⁻¹ (T3 e T4), em ambas as condições, apresentaram maior número de plantas normais entre os tratamentos (Tabela 2), conseqüentemente o número de plantas anormais foi mais baixo nesses tratamentos. Já as variáveis com maiores números de plantas anormais foi a testemunha¹ e testemunha², onde não houve inoculação de *Bacillus subtilis*.

Plantas anormais, não demonstram potencial para crescer e futuramente se tornar uma planta normal. As plantas normais são aquelas que apresentam potencial para se desenvolver e dar origem a plantas normais. Sementes mortas são de fácil caracterização, não apresentam textura dura, normalmente se encontram amolecidas, atacadas por doenças e não apresentam sinal de germinação (REIS, 2013).

Vieira e Castro (2001) descrevem que a utilização de *Bacillus*, na cultura da soja, apresenta um aumento significativo a germinação e emergência das plântulas, isso se deve a ação dos hormônios produzidos pela bactéria, os mesmos influenciam diretamente na parte fisiológica das sementes, demonstrando assim que os microrganismos geram influência na germinação. Em outras culturas também é evidenciado a ação da inoculação, Turner & Backman (1991) descrevem em seus estudos que em plântulas de amendoim as bactérias afetaram positivamente na germinação.

Lazzaretti et al. (1997), inoculou em sementes de arroz, trigo, feijão e soja com um produto à base de células e *Bacillus*, segundo a avaliação do mesmo, os tratamentos não se diferiram estatisticamente das testemunhas, sendo assim a inoculação não apresentou grandes diferenças na germinação, levando em consideração que os tratamentos que tiveram um maior destaque positivo foram os que não receberam nenhum tipo de inoculação, diferindo deste estudo que observou-se efeito positivo sobre a germinação de sementes de soja.

Estatisticamente, os tratamentos 3 e 4, não apresentaram diferença significativa, conseqüentemente a dose recomendada pelo fabricante representada em T3 é a ideal. Levando em consideração que o aumento da dose não apresentou resultados expressivos, é importante destacar que a redução da dose recomendada em T1 e T2 diminuiu o número de plantas normais. Segundo Vieira e Castro (2001), a utilização de doses intermediárias do hormônio, apresentam um aumento significativo na germinação de sementes de soja, é fato que a estipe de *Bacillus subtilis*, realiza a produção de fito

hormônios quando está se desenvolvendo, onde os mesmos estimulam o desenvolvimento das raízes da soja.

Tsavkelova et al. (2006) em seus estudos mostrou que o *B. subtilis* pode controlar os hormônios da planta, conseqüentemente regulando o desenvolvimento radículas através da síntese de auxina, giberelina e citocinina. A auxina tem como seus principais efeitos sobre as plantas o aumento da superfície radicular, afrouxamento das paredes, desenvolvimento dos frutos, além de estimular a germinação de sementes e tubérculos (SPAEPEN et al., 2007). As citocininas produzem efeitos parecidos com a auxina como um aumento na qualidade de enraizamento, auxilia na divisão celular e respostas fisiológicas (AMARA et al., 2015).

Outro fator relevante, foi observado na dose de 4 ml kg⁻¹ (T5), ou seja, dobro da dose recomendada pelo fabricante, em que o número de plantas normais teve um decréscimo expressivo, levantando a hipótese de que doses elevadas de *Bacillus* podem prejudicar a germinação da cultura. Em um estudo realizado por Costa et al. (2019), observaram que a aplicação de doses altas de *Bacillus* afetou negativamente o desenvolvimento da cultura da soja, a justificativa pode se dar pela supressão de microrganismos no tratamento de sementes.

Na contagem da quantidade de sementes mortas, foi possível observar que o microrganismo não influenciou em nenhum tratamento, tanto positivamente quanto negativamente, apresentando DMS <5%.

Assim, devido aos benefícios que as rizobactérias proporcionam, como aumento na permeabilidade das raízes, produção de sideróforos (CATTELAN, 1999; MARIANO; KLOPPER, 2000), e outros benefícios citados anteriormente, observou-se que os microrganismos *Bacillus subtilis* geram aumento na germinação das sementes de soja, conseqüentemente aumentando a produtividade e lucros na cultura de soja e também em outras culturas agrícolas. Conforme Lazzareti & Bettiol (1997), *Bacillus* apresentam resultados positivos sobre a germinação e emergência de plântulas, crescimento aéreo e radicular, aumentando a produtividade de grãos e também auxiliando as plantas a enfrentar diversidades abióticas.

Braga Júnior et al. (2018), concluíram que os microrganismos *Bacillus* promoveram aumento de biomassa, nodulação, logo maior produtividade da soja em condições de campo. Em contrapartida Paiva et al. (2020), demonstraram que as bactérias *Bacillus subtilis*, proporcionaram aumento na produtividade de grãos de milho, em condições de campo, comparado com o milho não inoculado. Assim, inoculantes a base de *Bacillus subtilis*, devido aos inúmeros benefícios proporcionados a cultura da soja, podem ser considerados produtos essenciais para melhor produção, qualidades, rendimento nas culturas agrícolas.

Tabela 2. Porcentagem de plântulas normais, anormais e mortas de sementes de soja da cultivar BMX lança sem tratamento industrial de sementes (TSI) e com TSI submetidos a diferentes doses de *Bacillus*. Centro Universitário Campo Real, Guarapuava/PR, 2022.

Tratamentos	Plantas	Plantas	Plantas
	Normais	Anormais	Mortas
Sem TSI			
Test ¹ (0 ml kg ⁻¹)	68 e	32 a	0
T1 ¹ (1 ml kg ⁻¹)	75 cd	22 bc	0
T2 ¹ (1,5 ml kg ⁻¹)	80 bc	20 bcd	1
T3 ¹ (2 ml kg ⁻¹)	87 a	13 d	0
T4 ¹ (3 ml kg ⁻¹)	84 ab	16 cd	0
T5 ¹ (4 ml kg ⁻¹)	72 de	27 ab	1
Com TSI			
Test ² (0 ml kg ⁻¹)	65 b	40 a	0
T1 ² (1 ml kg ⁻¹)	60 b	39 a	1
T2 ² (1,5 ml kg ⁻¹)	78 ab	22 ab	0
T3 ² (2 ml kg ⁻¹)	86 a	14 b	1
T4 ² (3 ml kg ⁻¹)	86 a	14 b	0
T5 ² (4 ml kg ⁻¹)	69 ab	31 ab	1

- Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não se diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Fonte: O autor (2022).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tratamento de sementes com produtos biológicos com o microrganismo *Bacillus* traz benefícios agrônômicos às plantas de soja, como na germinação, desde que os microrganismos sejam aplicados nas doses recomendadas. Levando em conta que, em doses menores, o mesmo não apresenta resultado positivo e em doses elevadas afetam negativamente o desenvolvimento da cultura.

Portanto, a utilização do *Bacillus* pode ser uma alternativa ao produtor, que além de aumentar a qualidade e germinação de plantas, ajuda nos custos finais da lavoura. Conforme os resultados expostos nesse estudo, sugere-se ainda novos estudos, a fim de avaliar a ação de *Bacillus subtilis* na germinação da cultura da soja em condições de campo.

5 AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me proporcionou saúde e sabedoria durante esses cinco anos de graduação.

A minha família, que me apoiaram em todos os momentos que precisei, me incentivando e me fazendo acreditar de que esse momento se tornasse realidade, obrigado mãe Silvia, pai Emerson e irmã Heloisa. A minha namorada Naiara, que todos os dias me ajuda em minhas dificuldades, obrigado pelos conselhos, você foi fundamental em todo este trajeto.

A minha orientadora Enelise Osco, pela oportunidade do trabalho, obrigado por todo o auxílio e conhecimentos passados neste período.

Ao colegiado de Engenharia agrônômica do Centro Universitário Campo Real, em especial a professora Greice Redivo pela contribuição no trabalho.

A Plantagro Insumos agrícolas, onde tive a oportunidade de fazer meu estágio de conclusão de curso e onde também tive a oportunidade de ingressar no mercado agrônômico onde hoje faço parte.

6 REFERÊNCIAS

AMARA, U.; KHALID, R. & HAYAT, R. Soil bacteria and phytohormones for sustainable crop production. In D. K. Maheshwari (Ed.), *Bacterial metabolites in sustainable agroecosystem*. **Springer International** p. 87–103, 2015.

ARAUJO, F.F.; HENNING, A.; HUNGRIA, M. Phytohormones and antibiotics produced by *Bacillus subtilis* and their effects on seed pathogenic fungi and on soy bean root development. **World Journal of Microbiology & Biotechnology, Dordrecht**, v. 21, p. 1639-1645, 2005.

BRAGA JUNIOR, Gaspar Moreira 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. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF. 398 p. 2009

CATTELAN, A.J. Métodos qualitativos para determinação de características bioquímicas e fisiológicas associadas com bactérias promotoras de crescimento vegetal. Londrina: **EMBRAPA-CNPS**, 36 p. 1999.

CONTRERAS-CORNEJO, Hexon Angel et al. Ecological functions of *Trichoderma* spp. and their secondary metabolites in the rhizosphere: interactions with plants. **FEMS Microbiology Ecology**, Oxford, v. 92, p. 1-17, 2016.

Costa, L. C., Tavanti, R. F. R., Tavanti, T. R., & Pereira, C. S. Desenvolvimento de cultivares de soja após inoculação de estirpes de *Bacillus subtilis*. **Nativa**, 7(2), 126-132, 2019.

DIAZ, Paola Andrea Escobar 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.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Soja em números. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 25 set 2022.

FERREIRA, D.F. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, p.109-112, 2014.

FRANÇA-NETO, J. B. et al. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. Londrina: **Embrapa Soja**, 82p, 2016.

LAZZARETI, E.; BETTIOL, W. Tratamento de sementes de arroz, trigo, feijão e soja com um produto formulado a base de células e de metabólitos de *Bacillus subtilis*. **Scientia Agricola**, Piracicaba-SP, v. 54, p. 89-96, 1997.

LIMA, F. F. **Bacillus subtilis e níveis de nitrogênio sobre o desenvolvimento e a produtividade do milho**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco - PE. 54p, 2011.

MACHADO, Daniele Franco Martins et al. Trichodermano Brazil: O Fungo e Bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n.1, p. 274-288, 2012.

MARIANO, R.L.R.; Kloepper, J.W. Método alternativo de biocontrole: resistência sistêmica induzida por rizobactérias. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 8, p. 121-137, 2000.

PAIVA, C. A. O. et al. Recomendação agronômica de cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) na cultura do milho. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 18p. 2020.

Produção de grãos atinge recorde na safra 2021/22 e chega a 271,2 milhões de toneladas (CONAB) 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4744-producao-de-graos-atinge-recorde-na-safra-2021-22-e-chega-a-271-2-milhoes-de-toneladas>> Acesso em: 15 set 2022.

REIS, J. D. **Ânálises de qualidade de sementes de soja**. Universidade de Brasília de Planaltina – DF. 33p. 2013.

SCORTICHINI, M.; ROSSI, M.P., RICCI, B.; NDZOUUMBA, B. Soybean (*Glycinemax* (L.) Merr) seed decay associated with *Bacillus subtilis* (Ehrenberg) Cohn, in Gabon. **Plant Protection Bulletin**, v.37, n.2, p.87-91, 1989.

SOTTERO, A.N. **Colonização radicular e promoção de crescimento vegetal por rizobactérias**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas. Dissertação Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical. 47p. 2003.

SPAEPEN, S., VANDERLEYDEN, J., & REMANS, R. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. **FEMS Microbiology Reviews**, v.31, p.425-448, 2007.

TSVAKELOVA, E.A.; KLIMOVA, S. Y.; CHERDYNTSEVA, T. A.; NETRUSOV, A. I. Microbial Producers of Plant Growth Stimulators and Their Practical Use: **A Review. Applied Biochemistry and Microbiology**, v.42, p.117–126, 2006.

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.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Piracicaba-SP, v. 23, n. 2, p. 222-228, 2001.

ZEILINGER, Susanne et al. Secondary metabolism in Trichoderma—Chemistry meets genomics. **Fungal Biology Reviews**, v. 30, n.2, p. 74-90, 2016.