

***Bacillus* spp. COMO PROMOTOR DE CRESCIMENTO E BIOCONTROLE DE FITOPATÓGENO NA CULTURA DA SOJA**

Wanessa Rocha de Souza¹, Raimundo Wagner de Souza Aguiar², Liomar Borges de Oliveira³, Vitor Stefanello de Fernandes⁴, Rodrigo Robson Cavalcante⁵, Rodrigo Ribeiro Fidélis⁶

RESUMO:

Microrganismos promotores de crescimento atuam diretamente promovendo o crescimento das plantas ou indiretamente como agentes de controle biológico de fitopatógenos. Objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos protetores na inoculação com mix de *Bacillus* spp. em sementes de duas cultivares de soja a fim de minimizar danos oriundos por fungos fitopatogênicos, bem como verificar seus efeitos como promotor de crescimento nos componentes agrônômicos da cultura. O experimento foi realizado na safra 2018/2019 de novembro a março. A inoculação com *Bacillus* spp. apresentou maior altura de plantas, número de nós e produtividade na cultura, assim como inibição de doenças fúngicas e a propagação da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*).

Palavras-chave: Controle biológico; Crescimento de plantas; Doenças fúngicas; *Glycine max* e Inoculantes microbianos.

ABSTRACT:

Growth-promoting microorganisms act directly to promote plant growth or indirectly as biological control agents of phytopathogens. The objective of this study was to evaluate the protective effects of inoculation with a mix of *Bacillus* spp. in seeds of two soybean cultivars in order to minimize damage caused by phytopathogenic fungi, as well as to verify its effects as a growth promoter in the agronomic components of the crop. The experiment was carried out in the 2018/2019 harvest from November to March. Inoculation with *Bacillus* spp. showed higher plant height, number of nodes and crop yield, as well as inhibition of fungal diseases and the propagation of Asian rust (*Phakopsora pachyrhizi*).

Keywords: Biological control; Plant growth; Fungal diseases; *Glycine max* e Microbial inoculants.

1. INTRODUÇÃO

A soja é originária do continente asiático, na região nordeste da China. Essa cultura é um dos ícones da modernização da agricultura brasileira que se transformou de importadora em uma das maiores exportadoras de alimentos do

mundo, em menos de 40 anos (DALL'AGNOL; GAZZONI, 2018). Em termos de produção, de acordo com a Conab, a safra brasileira de grãos 2022/2023 chegou a 154.609,3 milhões de toneladas em uma área de 44.079,8 milhões de hectares. A produção no estado do Tocantins

¹ Doutora em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Tocantins-UFT, Gurupi, Tocantins, Brasil.

² Professor, Departamento de Biotecnologia, Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi-UFT, Tocantins, Brasil.

³ Doutorando em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Tocantins – UFT, Gurupi, Tocantins, Brasil.

⁴ Mestre em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Tocantins – UFT, Gurupi, Tocantins, Brasil.

⁵ Doutorando em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Tocantins – UFT, Gurupi, Tocantins, Brasil.

⁶ Professor, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi-UFT, Tocantins, Brasil.

estima 4.809,3 milhões de toneladas em uma área de aproximadamente 1.326,7 milhões de hectares e produtividade média de 3.625 kg ha⁻¹ (CONAB, 2024).

Uma das alternativas que vem sendo pesquisada e desenvolvida ao longo das últimas décadas, tanto na cultura da soja, quanto em outras monoculturas, é o controle biológico de pragas, que consiste na utilização de inimigos naturais para redução de pragas que causam danos às lavouras. Os inimigos naturais têm sido caracterizados como organismos especializados no controle biológico de pragas. Todas as pragas têm seus inimigos naturais, quer sejam entomopatógenos, parasitóides ou entomófagos (THANCHAROEN et al., 2018).

O controle biológico tem se consolidado como ferramenta para o manejo integrado de doenças de solo, com diversos fungos e bactérias comercializadas como antagonistas no Brasil, especialmente espécies de *Bacillus* (MAPA, 2019). Neste aspecto, o controle biológico, pela aplicação de microrganismos torna-se estratégia que pode desempenhar importante papel em um programa de manejo.

A utilização de bactérias promotoras do crescimento de plantas, para incremento na produção agrícola, será, possivelmente, uma das estratégias mais importantes para a atualidade no mundo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Elas vêm sendo utilizadas para diminuir os custos e melhorar os rendimentos da produção agrícola (VIEIRA JUNIOR, et al., 2013).

As bactérias do gênero *Bacillus*, em especial *B. subtilis*, estão entre as mais abundantes na rizosfera (rizobactérias), e vêm sendo estudadas há muito tempo pela sua atividade como promotora do crescimento vegetal e pelo aumento da produtividade das culturas, bem como sua importância como agente de controle biológico, por meio de supressão de doenças de plantas, indução de resistência sistêmica e produção de sideróforos ou antibióticos (SAHARAN; NEHRA, 2011).

Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos protetores na inoculação com mix de *Bacillus spp.* em sementes de duas cultivares de soja, a fim de minimizar danos oriundos por fungos fitopatogênicos bem como promover crescimento e fomentar os componentes agronômicos da cultura.

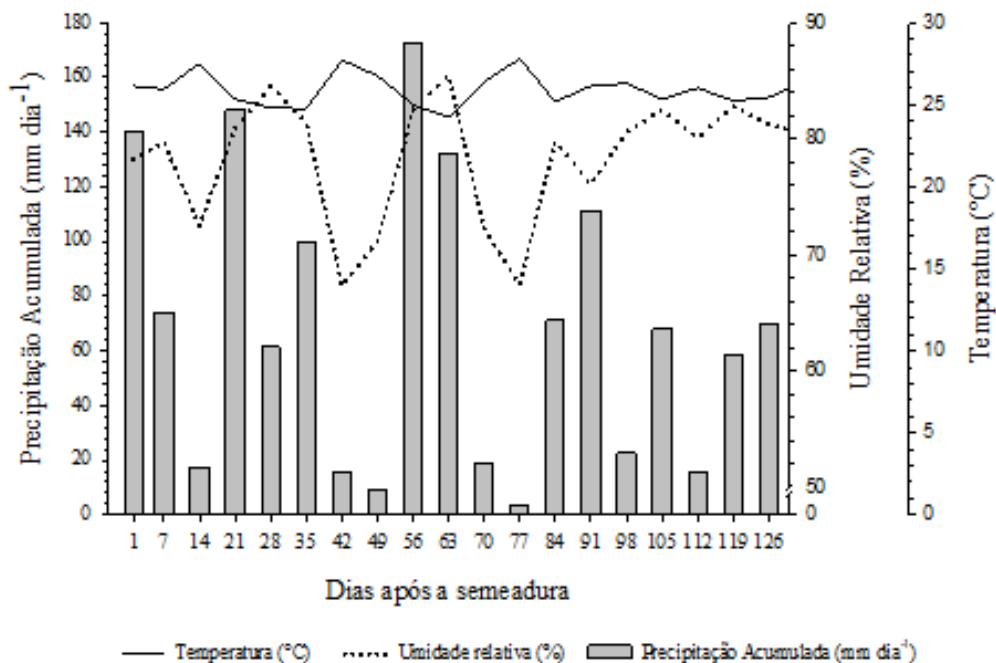
2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Gurupi, Município de Gurupi-TO, situado na região sul do Estado do Tocantins (11° 45'S, 49° 03'W, altitude 287 m). O clima é Aw Cerrado ou Savana tropical quente e úmido com estação chuvosa no verão e seco no inverno, segundo a classificação de Köppen (1948) é (B1wA'a') com pequena deficiência hídrica conforme a classificação de Thornthwaite. A temperatura média anual na região da área experimental é de 26 °C, sendo a amplitude térmica média anual

muito pequena, com temperatura média mensal mínima de 20°C e máxima de 33°C. A precipitação média anual é de 1.632 mm, registrando-se nos meses de novembro a março

(INMET, 2019). Os dados climáticos referentes ao período de condução dos experimentos encontram-se na Figura 1.

Figura 01. Médias de temperaturas, umidade e precipitação semanais no período de novembro de 2018 a março de 2019 em Gurupi-TO.



Anterior à instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo da camada de 0-20 cm para a caracterização dos atributos químicos e físicos do mesmo. A análise do solo indicou os valores de pH em CaCl₂= 5,3; M.O= 1,1 dag kg⁻¹; P (Mehlich)= 46,5 mg dm⁻³; K= 51 mg dm⁻³; Ca+Mg= 2,8 cmolc dm⁻³; H+Al= 2,0 cmolc dm⁻³; Al= 0,0 cmolc dm⁻³; SB= 2,93 cmolc dm⁻³; V= 59%; 725 g kg⁻¹ de areia; 25 g kg⁻¹ de silte e 250 g kg⁻¹ de argila.

A semeadura foi realizada no dia 28 de novembro de 2018, em faixa de 20 metros sob

esquema fatorial 2x3, sendo o primeiro fator constituído por dois cultivares de soja (M8644 IPRO e M8372 IPRO) (Tabela 01), e o segundo fator pelas formas de tratamento das sementes (biológico, químico e controle), com quatro repetições. Para o tratamento biológico foi utilizado um mix de bactéria contendo *Bacillus subtilis* e *Bacillus thuringiensis*, sendo adicionadas nas sementes sem tratamento químico momento antes da semeadura no campo. No tratamento químico das sementes foi utilizado o inseticida composto pelo ingrediente

ativo clorantraniliprole, concentração de 200 g/L, na dosagem de 50 mL/ha⁻¹ e fungicida que possui como ingrediente ativo tiofanato metílico+fluazinan, concentração de 350,0 g/L + 52,5 g/L, na dosagem de 215 mL/ 100 kg de semente; para o tratamento controle foi utilizado semente sem nenhum tratamento. Momentos antes da semeadura foi adicionado 20 gramas por kg de semente do inoculante turfoso com

estirpes *Bradyrhizobium japonicum*, Semia 5079 e Semia 5080, na proporção mínima de 12x10⁻⁵ células da bactéria por sementes em todos os tratamentos. Aos 15 dias após a emergência foi realizado o desbaste visando obtenção de população estabelecida para o cultivar, sendo 180 mil plantas por hectare para M8644 IPRO e 240 mil plantas por hectare para M8372 IPRO.

Tabela 01. Cultivares de soja, ciclos, grupo de maturação (GM) e tipo de crescimento utilizado nos experimentos de campo em Gurupi- TO.

Cultivares	Maturação	GM	Tipo de crescimento
M 8644 IPRO	Tardia	8.6	Determinado
M 8372 IPRO	Precoce	8.3	Determinado

Cada unidade experimental foi constituída por quatro linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m. Como área útil utilizou-se as duas linhas centrais, desprezando-se 0,50 m das extremidades de cada linha e eliminando as duas linhas laterais numa área de 4,0 m².

Cada isolado bacteriano foi cultivado em frasco do tipo erlenmeyer com capacidade para

250 mL, contendo meio litro de caldo nutriente estéril e incubado a 30 °C por 36 horas em reator tipo shaker. Posteriormente os seis isolados para inoculação formaram um mix bacteriano para o tratamento de sementes, inoculando 1L ha⁻¹, a fim de promover crescimento da planta e controle de fitopatógenos.

Tabela 02. Descrição dos isolados utilizados neste estudo.

Isolado	Espécie	UFC.mL ⁻¹
1	<i>Bacillus sp</i>	2.32 x 10 ¹¹
2	<i>Bacillus sp.</i>	2.3 x 10 ⁴
3	<i>Bacillus sp.</i>	1.3 x 10 ⁴
BSRW	<i>Bacillus sp.</i>	5.6 x 10 ⁹
47b	<i>Bacillus sp.</i>	2.48 x 10 ¹⁷
UFT 38	<i>Bacillus thuringiensis</i>	6.8 x 10 ⁹

Para as aplicações via foliar foi utilizado pulverizador costal elétrico com capacidade para 16 litros de calda, com barra de 04 bicos e jato dirigido em forma de leque. Para controle de plantas daninhas utilizou-se herbicida i.a. Glifosato 480 g/L, grupo químico: glicina substituída, aos 23 dias após a semeadura; inseticida Galil SC, i.a. bifentrina 50 g/L + imidacloprido 250 g/L, grupo químico: piretroide + neonicotinoide, posteriormente, aos 30 dias após a semeadura; fungicida e acaricida i.a. mancozebe 750g/kg, grupo químico: alquilenobis (detrocarbamato), aos 30 dias após a semeadura; inseticida i.a. lambda-ciclotrina 106g/L + tiametoxam 141g/L, grupo químico: piretroides + neonicotinoide, aos 52 dias após a semeadura; fungicida i.a. proticonazol 175g/L + trifloxistrobina 150 g/L, grupo químico: triazolintiona + estrobilurina, aos 73 dias após a semeadura.

Quando as plantas atingiram o estágio R1, foi realizada a aplicação foliar com pulverizador manual de baixa pressão com o mix biológico de 2L ha⁻¹ utilizando-se três bactérias: BSRW, UFT 38 e 47b diluído em volume de calda 100L ha⁻¹ a fim de prevenir o surgimento de possíveis patógenos na planta.

Para verificar o efeito do mix biológico no desenvolvimento e produção da soja, foram avaliadas as seguintes características: estande final obtido pela contagem do número de plantas no momento da colheita em todas as linhas da

parcela na unidade experimental; altura de plantas obtido pela medição com uma régua graduada, medindo do solo até o ápice superior da planta; altura de inserção da primeira vagem medindo do solo até o ponto de inserção da primeira vagem na planta; número de hastes por planta obtido pela contagem de hastes de 10 plantas representativas escolhidas aleatoriamente na unidade experimental; número de vagens obtido pela contagem de 10 plantas escolhidas aleatoriamente na unidade experimental; número de nós (incluindo nós cotiledonares e de folhas unifolioladas) obtido pela contagem do número total de nós de 10 plantas escolhidas aleatoriamente na unidade experimental; número de grãos obtido pela contagem do número total de grãos oriundos de 10 plantas escolhidas aleatoriamente na unidade experimental; peso de mil sementes obtido pela repetição de 8 amostras de 100 gramas da área útil de cada unidade experimental; produtividade de grãos em gramas, obtida após a colheita, debulha e pesagem dos grãos, corrigindo para 13% de umidade e convertido para kg ha⁻¹.

A avaliação de doenças foi realizada através da escala de notas diagramática proposta por Godoy et al. (2006) para doenças de final de ciclo da cultura sendo a primeira avaliação no estágio fisiológico R6 e a segunda avaliação em R7.1, onde foi constatado pelo laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal do

Tocantins a presença da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e, quando significativos pelo teste F, foi aplicado teste de Tukey a 1% e 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS

A análise de variância (Tabela 03) detectou significância da interação cultivares vs tratamentos para as características severidade de ferrugem asiática nas avaliações 1 e 2, número de nós e produtividade de grãos, evidenciando a

dependência dos fatores, sendo, portanto, necessário se fazer o desdobramento. Observou-se também significância do fator cultivar para as características avaliação doença 1, avaliação doença 2, estande final, altura de planta, inserção de primeira vagem, número de vagens por planta, número de nós, número de grãos e produtividade de grãos, evidenciando diferença genética entre os cultivares avaliadas. Quanto ao fator tratamentos, foi verificado diferença significativa para avaliação da doença 1 e 2 e altura de planta, evidenciando diferença das formas de controle entre os tratamentos estudados.

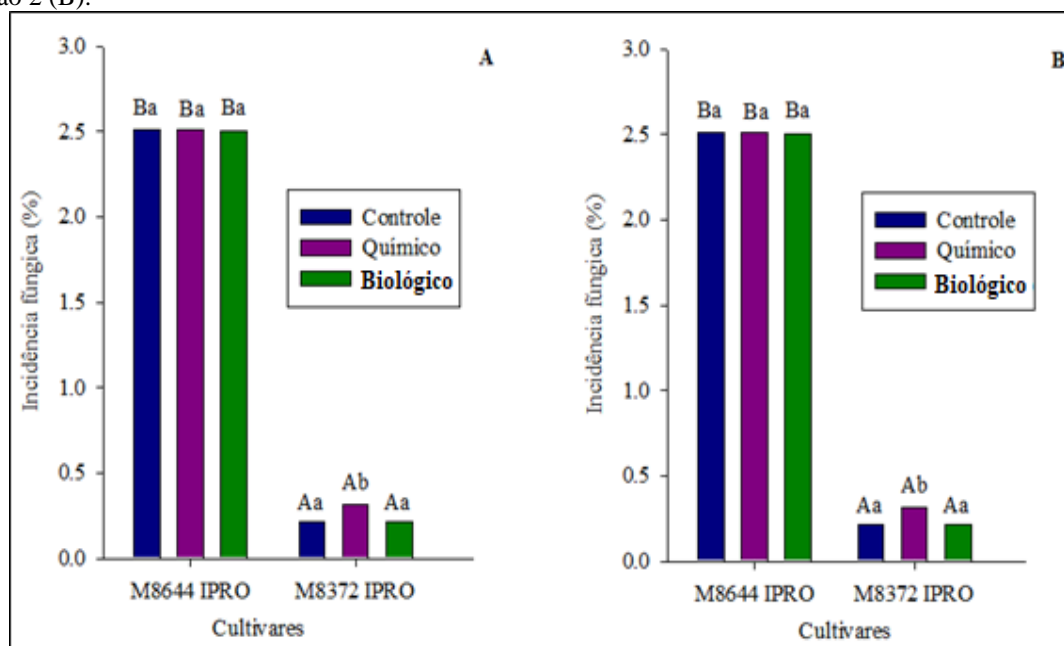
Tabela 03. Análise de variância para a severidade da doença *Phakopsora pachyrhizi* realizada em duas avaliações (AV1-R6) (AV2-R7.1), estande final (EF), altura de planta (AP), inserção de primeira vagem (AI), número haste (NH), número de vagens por planta (NV), número de nós (NN), número de grãos (NG), peso de mil sementes (PMS) e produtividade de grãos (PROD) de duas cultivares de soja.

FV	GL	Quadrado médio					
		AV1	AV2	EF	AP	AI	NH
Bloco	3	0.00018	0.00036	966.33333	26.88041	1.45111	0.26888
Cultivares (C)	1	30.713**	58.562**	57820.16**	235.00**	233.13**	0.43 ^{ns}
Tratamentos (T)	2	0.008**	0.007**	2840.54 ^{ns}	408.48**	3.05 ^{ns}	0.52 ^{ns}
C x T	2	0.006**	0.007**	951.29 ^{ns}	51.18 ^{ns}	0.82 ^{ns}	1.31 ^{ns}
Resíduo	18	0.0003	0.0002	1195.23	25.23	5.60	0.37
Média		1.379	1.943	157.66	76.21	19.52	4.05
CV (%)		1.17	0.72	21.93	6.59	12.12	15.02

FV	GL	Quadrado médio				
		NV	NN	NG	PMS	PROD
Bloco	3	907.29597	0.06375	410454.72222	0.51427	310066.76334
Cultivares (C)	1	33727.50**	3.60*	10602762.66**	0.92 ^{ns}	662107.80*
Tratamentos (T)	2	456.15 ^{ns}	0.18 ^{ns}	242551.66 ^{ns}	0.80 ^{ns}	193534.33 ^{ns}
C x T	2	1068.92 ^{ns}	3.28**	583244.00 ^{ns}	0.72 ^{ns}	508483.44*
Resíduo	18	312.94	0.49	188162.20	0.91	126020.00
Média		98.53	15.76	1874.25	8.11	2184.84
CV (%)		17.95	4.44	23.14	11.74	16.25

^{ns} não significativo; ** significativo para $P \leq 0.01$; * Significativo para $P \leq 0.05$ pelo teste F.

Figura 02. Avaliação da severidade da doença *Phakopsora pachyrhizi* em duas cultivares de soja cultivadas sobre diferentes alternativas de controle (CONTROLE; QUÍMICO e BIOLÓGICO) avaliadas em duas etapas, avaliação 1 (A) e avaliação 2 (B).



Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro de cada cultivar, e maiúscula, comparando cultivares em diferentes alternativas de controle, não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 1% e 5% de probabilidade.

Borges et al. (2022), trabalhando com avaliação de severidade de ferrugem asiática em plantas de soja, concluíram que, a utilização de produtos biológicos (*B. subtilis* BV02) com ação

de multissítios e inorgânicos (produtos à base de cobre) são alternativas na estratégia de prevenção da resistência em *P. pachyrhizi* à fungicidas na soja, pois além de diminuir a

severidade de doença, quando comparadas à testemunha, também atuam na indução de resistência.

As condições climáticas registradas durante o experimento (Figura 1) apresentaram temperatura em torno de 25°C à 33°C, umidade relativa em torno de 80% e precipitação variando entre 5mm à 170 mm. A penetração do fungo *P. pachyrhizi* ocorre de forma direta na folha através da epiderme. O processo de infecção depende da disponibilidade de água livre na superfície da folha, sendo necessário no mínimo seis horas de molhamento, para que ocorram infecções, com temperatura na faixa ótima (entre 15 °C e 25 °C) e mais de oito horas, para valores extremos, como 10 °C ou 27 °C (Melching et al., 1989).. Gardiano et al. (2010) constatou um período favorável ao desenvolvimento da ferrugem asiática, com aumento da umidade (90%) e temperatura média (23,5°C).

Neste estudo a concentração de células variou de 1.3×10^4 UFC.mL⁻¹ a 6.8×10^9 UFC.mL⁻¹. O controle obtido em condições de campo está relacionado a concentração do produto aplicado e o manejo correto antes do aparecimento do patógeno (MANTECÓN, 2008). Martins et al. (2018) comprovaram que sob condições de campo o tratamento de sementes com *Bacillus amyloliquefaciens* reduziu significativamente a incidência da mela em plantas de feijão-comum.

Assim, os resultados reforçam o potencial de algumas bactérias do gênero

Bacillus reduzirem o inóculo primário, exercendo efeito protetor na cultura. Similares resultados de inibição da germinação de esporos (superior a 70%) e diminuição da severidade (superior a 90%) de *P. pachyrhizi* foram encontrados por Dorighello et al. (2015) ao utilizar os isolados de *B. subtilis* QST 30 713 e *Bacillus pumilus* QST 2808. A inibição da germinação de esporos de fitopatógenos com os isolados de *B. subtilis* e *B. pumilus* são reconhecidos na literatura (MARRONE, 2002; WSZELAKI e MILLER, 2005; LAHLALI et al., 2011).

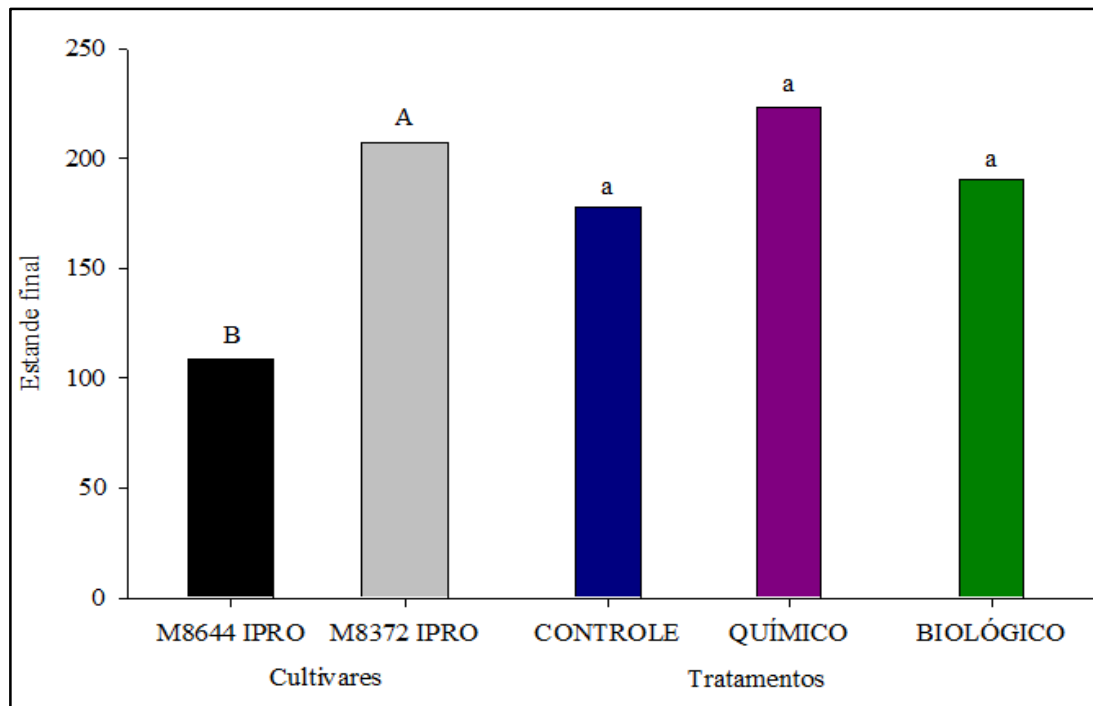
Uma das estratégias para aumentar a eficiência do controle biológico de doenças utilizada atualmente, é a combinação de microrganismos, corroborando com o efeito do mix biológico testado no presente trabalho. Sabe-se então que as bactérias promotoras de crescimento de plantas possuem diversos mecanismos que promovem o crescimento vegetal, os quais podem agir individualmente ou em sinergia (PII et al., 2015).

Para estande final (Figura 03) não foi constatado diferença significativa entre os tratamentos aplicados, entretanto, analisando as médias, observa-se maior índice de mortalidade de plantas no tratamento controle, o que pode influenciar diretamente a produtividade de grãos. Percebe-se ainda maiores médias para o cultivar M8372 IPRO, o que já era esperado, uma vez que este cultivar apresenta porte de planta que permite maior adensamento,

resultando em maior número de plantas por hectare (recomendação de 240.00 plantas em 1 hectare). Importante ressaltar que, mesmo tendo maior número de plantas por hectare o cultivar

apresentou maior tolerância à ferrugem (Tabela 04) quando comparado ao cultivar M8644 IPRO.

Figura 03. Estande final de duas cultivares de soja cultivadas sobre diferentes alternativas de controle (CONTROLE; QUÍMICO e BIOLÓGICO).

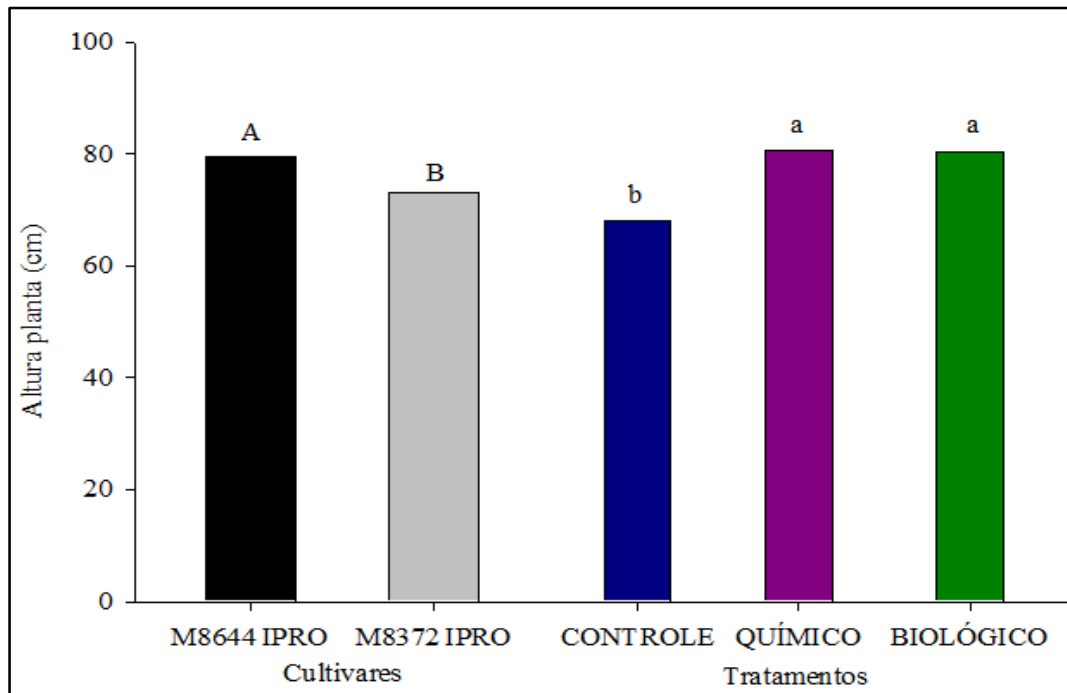


Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro de cada cultivar, e maiúscula, comparando cultivares em diferentes alternativas de controle, não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 1% e 5% de probabilidade.

Quanto à altura de plantas (Figura 04), constata-se maior média para o cultivar M8644 IPRO devido, provavelmente a genética do próprio cultivar, facilmente comprovada quando se analisa a recomendação de semeadura, onde mesmo tendo menor recomendação (180.000 plantas ha⁻¹) alcançou maiores alturas. Sabe-se

que maiores populações (M8372 IPRO com 240.000 plantas ha⁻¹) apresentam na maioria das vezes maior porte em função da competição por luz, etc (PELUZIO et al., 2010).

Figura 04. Altura de planta em cm de duas cultivares de soja cultivadas sobre diferentes alternativas de controle (CONTROLE; QUÍMICO E BIOLÓGICO).



Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro de cada cultivar, e maiúscula, comparando cultivares em diferentes alternativas de controle, não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 1% e 5% de probabilidade.

Observa-se também, comparando a média dos tratamentos (Figura 04), maiores médias de altura de planta para os tratamentos Químico e Biológico (80,45 e 80,22 cm, respectivamente), evidenciando o efeito positivo dos tratamentos no estande inicial de plantas, resultando em maiores populações quando comparado ao tratamento controle. Desta forma, fica evidenciado a contribuição do tratamento biológico contendo mix de *Bacillus* tanto de forma direta para o crescimento e desenvolvimento da planta de soja como promotora de crescimento, quanto de forma indireta, através de sua capacidade de produção de metabólitos secundários com atividade microbiana e antifúngica contra microrganismos fitopatogênicos, resultando em maiores números

de plantas e, conseqüentemente, maiores populações, que por sua vez, competem por luz e apresentam maior porte.

Características morfológicas como altura de planta, se relacionam com o potencial produtivo, uma vez que a planta permite maior área fotossinteticamente ativa com maior área para formação de gemas reprodutiva, caracterizando assim, maior produtividade (NAVARRO JÚNIOR E COSTA, 2002).

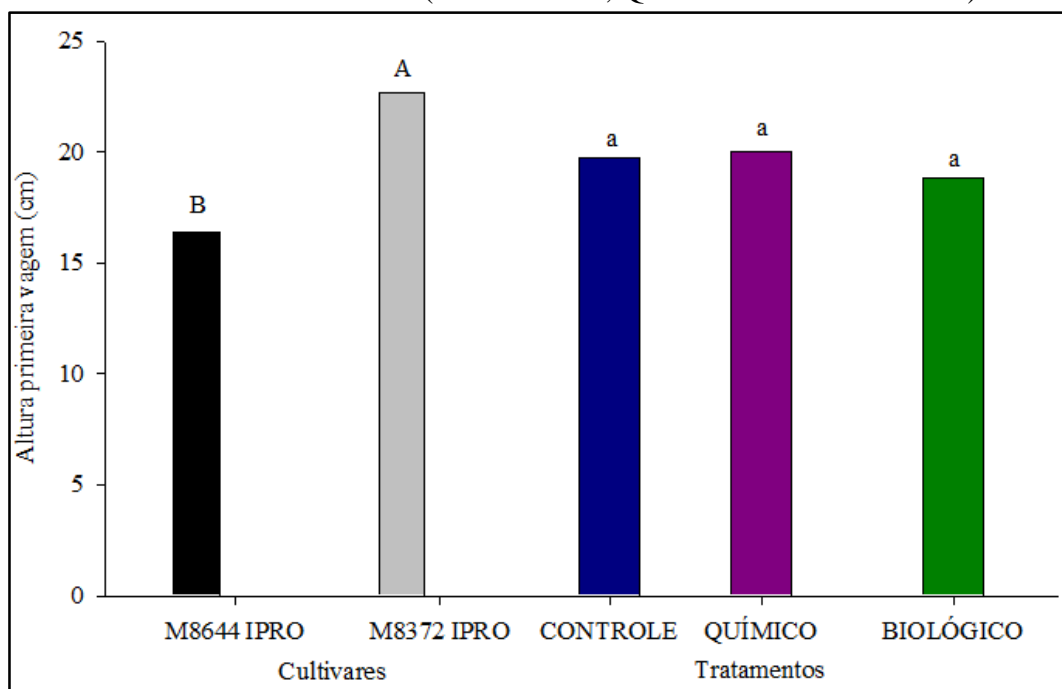
Os resultados obtidos estão de acordo com Juan e Chou (2010), na qual a inoculação de *Bacillus subtilis* em soja foi capaz de estimular o desenvolvimento das plantas com relação ao porte. Já no estudo realizado por Araújo e Guerreiro (2010), foi constatado que linhagens de *Bacillus* foram eficazes como

promotoras de crescimento também em milho. Brunetta et al. (2010), constataram que algumas bactérias do gênero *Bacillus* spp. oriundas do solo sob *Pinus taeda*, incrementaram significativamente de 10 a 16% a altura da espécie.

De acordo com Lanna Filho, o crescimento da planta promovido pelo uso do *Bacillus Subtilis* é devido a vários fatores, dentre eles: o aumento da fixação de nitrogênio, solubilização de nutrientes, síntese de fitormônios e melhoria das condições do solo.

Com relação à altura de inserção da primeira vagem (Figura 05), não houve diferença significativa entre os tratamentos. É importante ressaltar que as alturas se encontravam dentro do que é preconizado como ideal para permitir a colheita mecanizada (mínimo de 12 cm). O cultivar M8372 IPRO apresenta maior altura de inserção de primeira vagem quando comparado ao cultivar 8644.

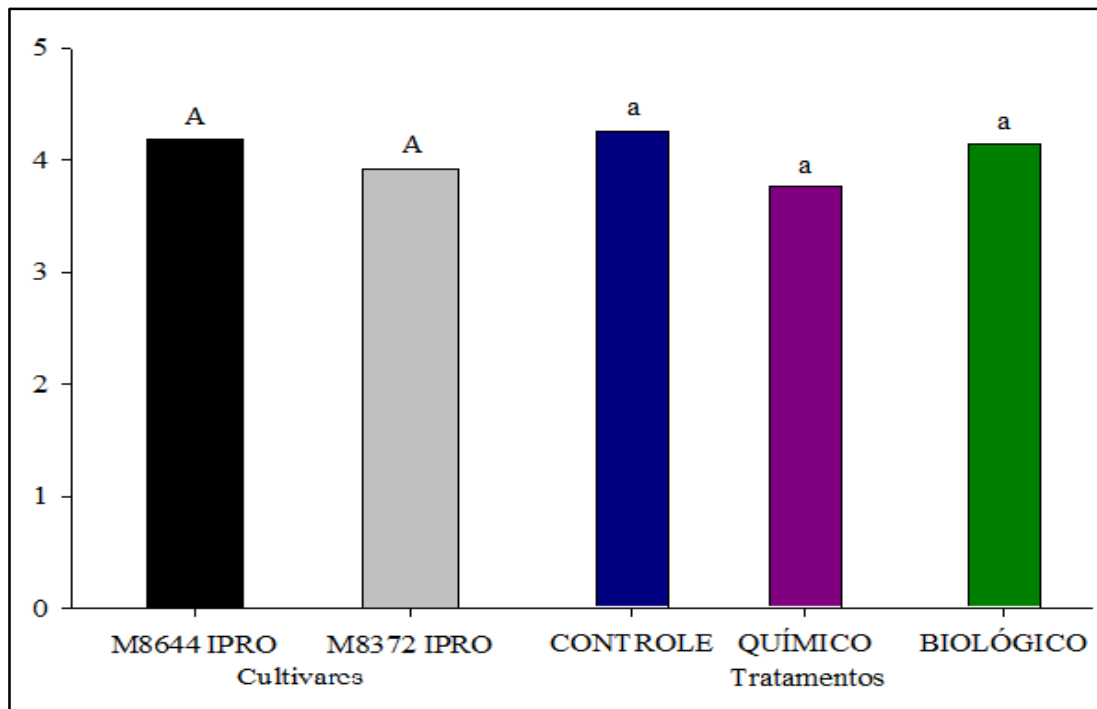
Figura 05. Altura de inserção primeira vagem (cm) de duas cultivares de soja cultivadas sobre diferentes alternativas de (CONTROLE; QUÍMICO e BIOLÓGICO).



Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro de cada cultivar, e maiúscula, comparando cultivares em diferentes alternativas de controle, não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 1% e 5% de probabilidade.

Quanto ao número de hastes (Figura 06), não foi observado diferença significativa entre os tratamentos, bem como entre os cultivares.

Figura 06. Número hastes de duas cultivares de soja cultivadas sobre diferentes alternativas de controle (CONTROLE; QUÍMICO E BIOLÓGICO).



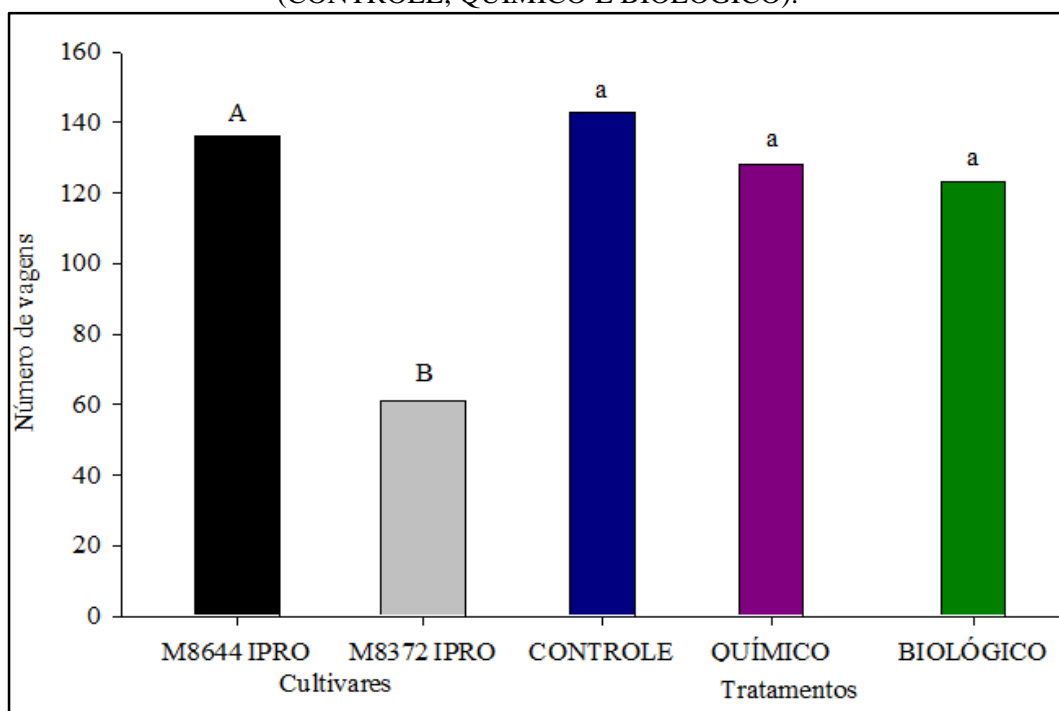
Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro de cada cultivar, e maiúscula, comparando cultivares em diferentes alternativas de controle, não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 1% e 5% de probabilidade.

Para o número de vagem (Figura 07) os tratamentos não divergiram entre si, entretanto, houve diferença entre os cultivares, sendo a M8644 IPRO superior a M8372 IPRO, também podendo ser explicado devido ao fator genético, visto que, a M8644 IPRO apresentou maior número de vagens por possuir menor população de plantas, ramificando-se mais. Em relação ao número de nós (Figura 08), observa-se para o cultivar M8644 IPRO superioridade do tratamento químico em relação ao tratamento biológico. Entretanto, para o cultivar M8372 IPRO não houve diferença entre os tratamentos avaliados. Consta-se ainda, analisando os cultivares dentro de cada tratamento, maior

número de nós do cultivar M8644 IPRO para todos os tratamentos.

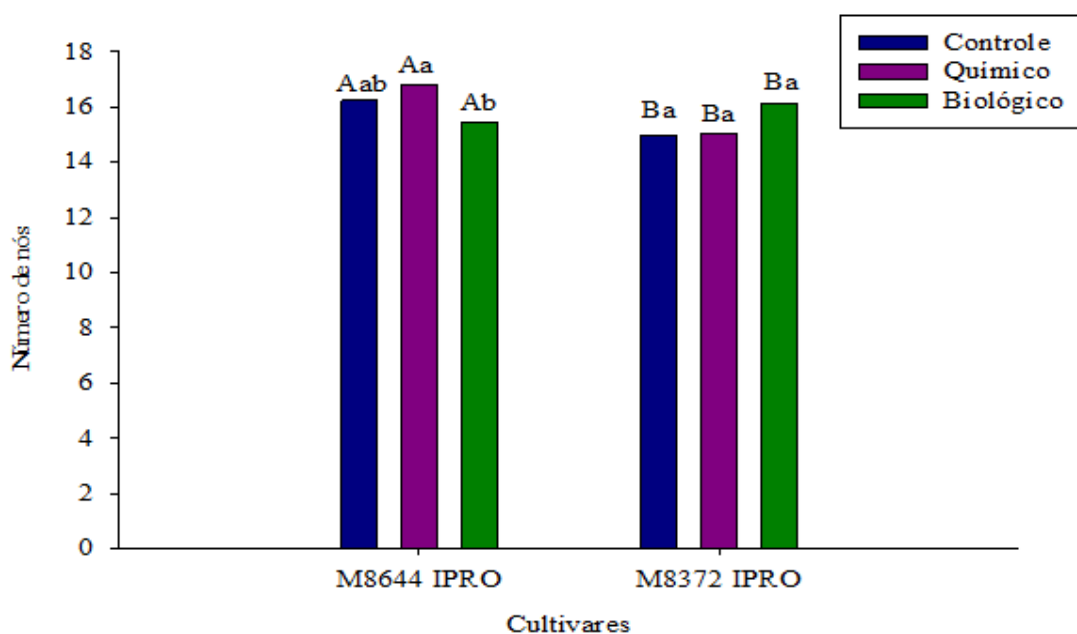
Houve diferença entre os cultivares quando avaliado o número de grãos (Figura 09), onde a cultivar M8644 IPRO demonstrou elevados índices quando equiparada ao cultivar M8372 IPRO, tendo em vista que quanto maior número de vagens espera-se que também seja maior número de grãos. Os tratamentos não resultaram em alterações quanto ao número de grãos dos cultivares. O número de grãos por vagem é considerado uma característica de alta herdabilidade genética e está intrinsecamente relacionado ao cultivar (COSTA & ZIMMERMANN, 1998).

Figura 07. Número de vagens de duas cultivares de soja cultivadas sobre diferentes alternativas de controle (CONTROLE; QUÍMICO E BIOLÓGICO).



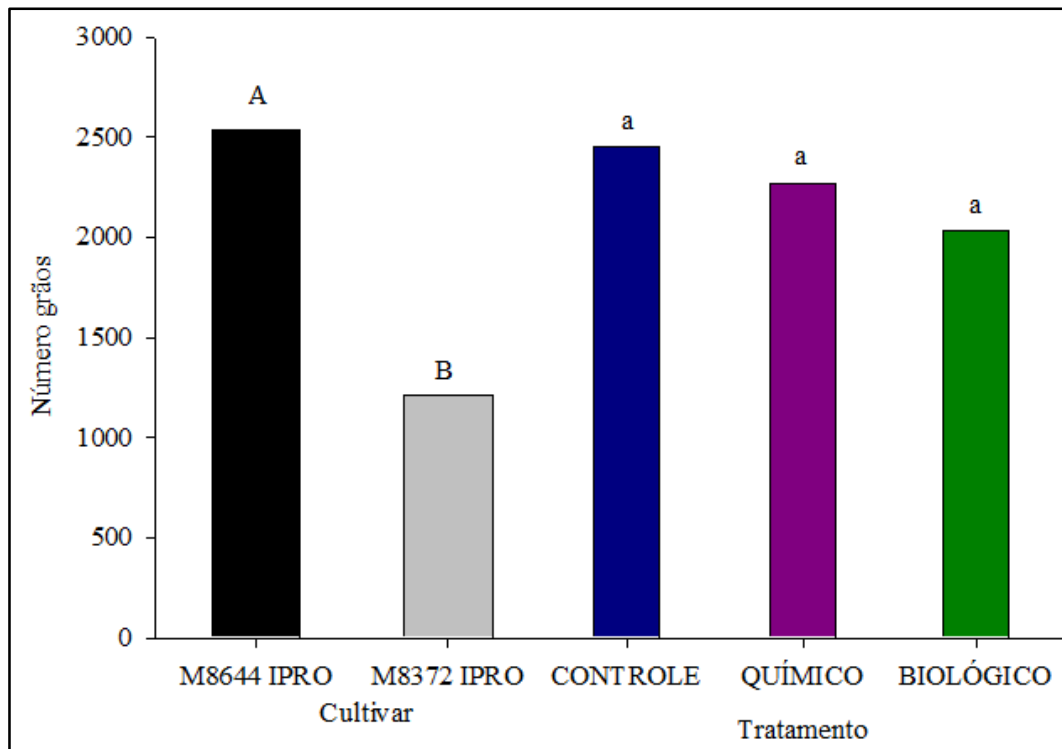
Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro de cada cultivar, e maiúscula, comparando cultivares em diferentes alternativas de controle, não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 1% e 5% de probabilidade.

Figura 08. Número de nós de duas cultivares de soja cultivadas sobre diferentes alternativas de controle (CONTROLE; QUÍMICO e BIOLÓGICO).



Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro de cada cultivar, e maiúscula, comparando cultivares em diferentes alternativas de controle, não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 1% e 5% de probabilidade.

Figura 09. Número de Grãos de duas cultivares de soja cultivadas sobre diferentes alternativas de controle (CONTROLE; QUÍMICO e BIOLÓGICO).

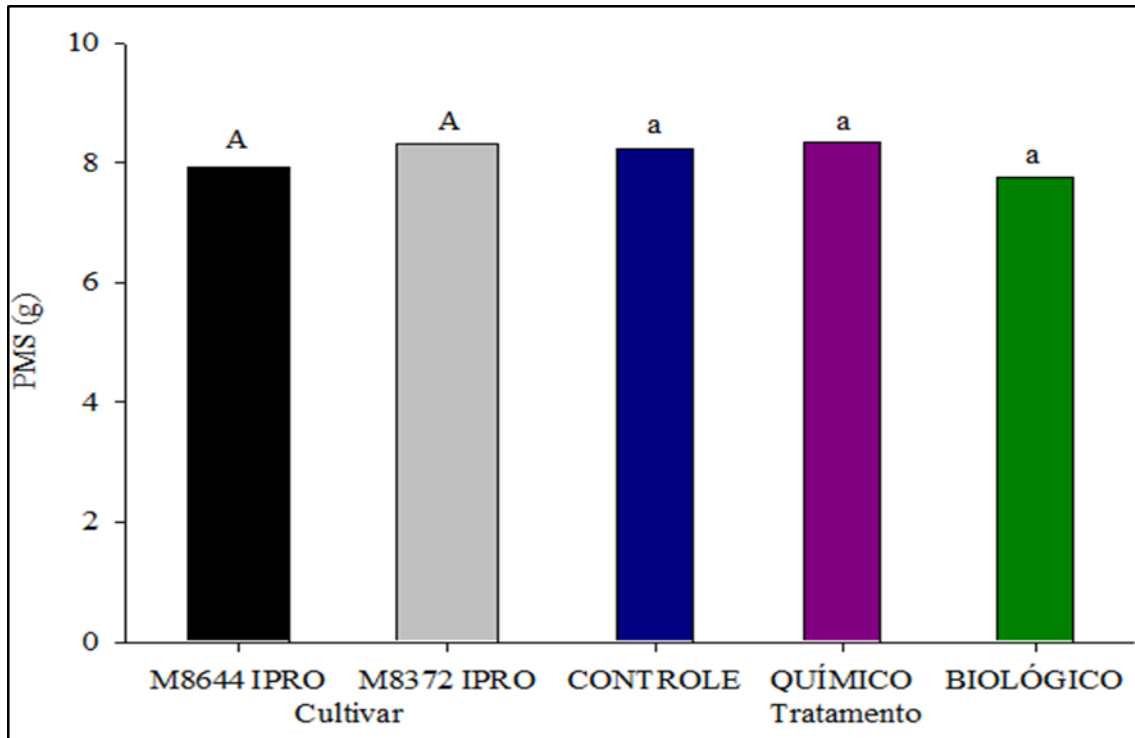


Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro de cada cultivar, e maiúscula, comparando cultivares em diferentes alternativas de controle, não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 1% e 5% de probabilidade.

Quanto ao peso de mil sementes (Figura 10), semelhantemente ao que aconteceu para número de haste, não houve diferença entre os cultivares, bem como entre os tratamentos aplicados. Esta característica é importante na escolha do cultivar a ser plantada, uma vez que a aquisição de sementes de menor peso resultará em menor custo de produção por área e maior velocidade nos processos de germinação e emergência (ALMEIDA et al., 2011).

Comparando os resultados de número de vagens (Figura 07) e peso de mil sementes (Figura 10) nota-se que quanto maior o número de vagem, menor o PMS na maioria dos tratamentos, independente dos fatores avaliados. Esses resultados estão em concordância com aqueles obtidos por Nogueira et al. (2012) que também verificaram que incrementos no número de vagens estão associados diretamente a reduções no peso de mil sementes.

Figura 10. Peso de mil Sementes em gramas de duas cultivares de soja cultivadas sobre diferentes alternativas de controle (CONTROLE; QUÍMICO e BIOLÓGICO).



Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro de cada cultivar, e maiúscula, comparando cultivares em diferentes alternativas de controle, não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 1% e 5% de probabilidade.

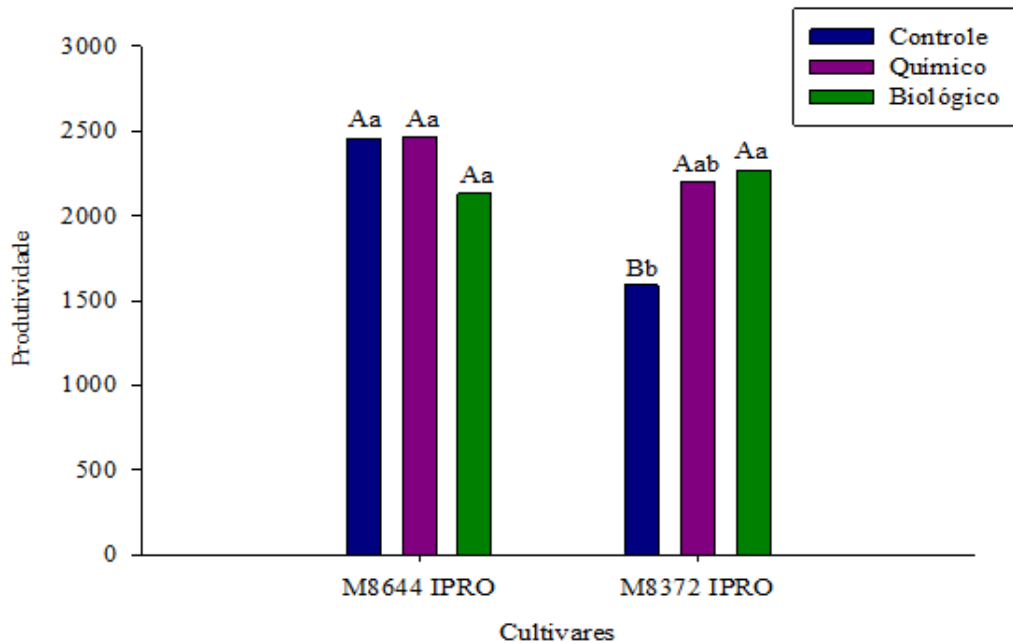
Quanto a produtividade de grãos (Figura 11) observou-se decompondo as formas de controle dentro de cultivar, que, para M8644 IPRO não houve diferença entre os tratamentos. Entretanto, para M8372 IPRO nota-se superioridade do controle biológico em relação ao tratamento controle (cerca de 42%), comprovando o efeito dos microrganismos, podendo ser explicado por ter apresentando menor severidade ao ataque de patógenos, conseqüentemente uma melhor produtividade, apesar de não diferir do controle químico (cerca de 3%). Decompondo cultivares dentro das formas de controle, observa-se diferença apenas

para o tratamento controle, com superioridade do cultivar M8644 IPRO.

Lima et al. (2011) constataram que a inoculação das sementes com *B. subtilis* melhorou o desenvolvimento e também a produtividade de grãos do milho. *B. thuringiensis* também já teve constatado a sua atividade como promotor de crescimento em soja, no aumento de produtividade em condições de campo e em vaso (SCHMIDT et al., 2015). Efeitos benéficos de diversas linhagens de *Bacillus* sobre a produtividade de grãos quando em coinoculação com rizóbios têm sido relatados, como os de *Bacillus megaterium* (ELKOC et al., 2010), *B. thuringiensis*

(MISHRA et al., 2009), *B. subtilis* (ELKOC et al., 2010; TSIGIE et al., 2011; ARAÚJO e HUNGRIA 1999) e *B. cereus* (BULLIED et al., 2002).

Figura 11. Produtividade de duas cultivares de soja cultivadas sobre diferentes alternativas de controle (CONTROLE; QUÍMICO e BIOLÓGICO) de doenças fitopatogênicas.



Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro de cada cultivar, e maiúscula, comparando cultivares em diferentes alternativas de controle, não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 1% e 5% de probabilidade.

Braga Júnior et al. (2018), estudando o efeito da inoculação de *Bacillus subtilis* na biomassa e produtividade da soja, constataram que o uso da bactéria proporcionou aumento de biomassa, nodulação, manutenção de estande e aumento da produtividade de soja em condições de campo.

Analisando todos os componentes agrônômicos, a M8644 IPRO apresenta maior probabilidade a ser produtiva, possuindo maior grupo de maturação com ciclo tardio, dispendo de mais tempo para realizar fotossíntese, portando mais galhos, vagens e mais grãos. O cultivar M8372 IPRO estabelecido em menor

tempo no campo por apresentar ciclo precoce, demonstrou maior controle ao patógeno, respondendo aos efeitos dos tratamentos.

Importante salientar que, mesmo o cultivar M8644 IPRO apresentando maior severidade de ferrugem (Figura 01) e menor estande (Figura 03), mostrou-se mais produtiva que o cultivar M8372 IPRO no tratamento controle, devido suas características genéticas como maior número de vagens, de nós e de grãos (Figura 07, 08 e 09).

A utilização de microorganismos como protetores fitopatogênicos de culturas e promoção de crescimento, tem sido amplamente

estudada como importante alternativa no setor agrícola, visto que, emergentes demandas favorecem a redução do uso de produtos oriundos de moléculas químicas e a implantação de prática sustentável na agricultura.

4. CONCLUSÃO

O mix biológico com os isolados bacterianos 1, 2, 3, 47b, BSRW e UFT 38 proporcionou efeitos benéficos ao controle de fitopatógenos, bem como características agronômicas em plantas de soja, como altura de planta, número de nós e produtividade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R.D.; PELUZIO, J.M.; e AFFÉRI, F.S. Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado Tocantins. **Revista Ciência Agrônômica**, v.42, n.1, p.108-115, 2011.

ARAÚJO F.D.; HUNGRIA, M. Nodulação e rendimento de soja co-infectada com *Bacillus subtilis* e *Bradyrhizobium japonicum/Bradyrhizobium elkanii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.1633-1643, 1999.

ARAUJO, F.F.D.; GUERREIRO, R.T. Bioprospection of *Bacillus* isolates promoters of corn growth in natural and sterile soil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 837-844, 2010.

BORGES, N.O.; SOLINO, A.J.S.; FRANSCISCHINI, R.; CAMPOS, H.D.; OLIVEIRA, J.S.B.; SCHWAN-ESTRADA, K.R.F. Induction of soybean resistance mechanisms to anthracnose by biocontrol agents. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.35, n.2, p.265 – 275, 2022.

BRAGA JUNIOR, G.M.; CHAGAS, L.F.B.; AMARAL, L. R.O.; MILLER, L. O.; CHAGAS JUNIOR, A.F. Efficiency of inoculation by *Bacillus subtilis* on soybean biomass and productivity. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.13, n.4, e5171, 2018.

BRUNETTA, J.M.F.C.; ALFENAS, A.C.; MAFIA, R.G.; GOMES, J.M.; BINOTI, D.B.; FONSECA, N.A.P. Isolamento e seleção de rizobactérias promotoras do crescimento de *Pinus taeda*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 399-406, 2010.

BULLIED, W.J.; BUSS, T.J.; VESSEY, K.J. *Bacillus cereus* UW85 inoculation effects on growth, nodulation, and N accumulation in grain legumes: field studies. **Canadian Journal of Plant Science**, v.82, n.2, p.291-298, 2002.

CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento. **Série histórica de grãos do ano de 2023 e 2024**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>> Acesso em: 20/03/2024.

COSTA, J.C.G.; ZIMMERMANN, M.J.O. Melhoramento genético. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T.E.U., ed. A cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. **Potafós**, Piracicaba, p. 229-245, 1998.

DALL'AGNOL, A.; GAZZONI, D.L. **A saga da soja: de 1050 a.C. a 2050 d.C.** Londrina-Paraná, Brasil: Embrapa, 2018.p. 24-94. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/220999/1/ID-38839-Livro-Saga-da-Soja-versao-web.pdf>> Acesso em: 25/03/2024.

DORIGHELLO, D.V.; BETTIOL, W.; MAIA, N.B.; DE CAMPOS LEITE, R.M.V.B. Controlling asian soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) with *Bacillus* spp. and coffee oil. **Crop Protection**, v.67, p.59-65, 2015.

ELKOC, E.; TURAN, M.; DONMEZ, M.F. Effects of single, dual and triple inoculations with *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* and *Rhizobium leguminosarum* bv. Phaseoli on nodulation, nutrient uptake, yield and yield parameters of common bean (*Phaseolus vulgaris* l. cv. 'elkoc-05'). **Journal of plant nutrition**, v.33, p. 2104-2119, 2010.

FERREIRA, D.F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GARDIANO, C.G.; BALAN, M.G.; FALKOSKI FILHO, J.; CAMARGO, L.C.M.; OLIVEIRA, G.M.; IGARASHI, W.T.; SUDO, L.T.; IGARASHI, S.; ABI SAAB, O.J.G.; CANTERI, M.G. Manejo químico da ferrugem asiática da soja, baseado em diferentes métodos de monitoramento. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.77, n.3, p.497-504, 2010.

GODOY, C.V.; KOGA, L.J.; CANTERI, M.G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 63-68, 2006.

INMET: Instituto Nacional de meteorologia. **Dados climatológicos**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_outo_graf> Acesso em: 8 Ago 2019.

JOHNSON, C.; BISHOP, A.H.; TURNER, C.L. Isolation and activity of strains of *Bacillus thuringiensis* toxic to larvae of the housefly (Diptera: Muscidae) and tropical blowflies (Diptera: Calliphoridae). **Journal Invertebrate Pathology**, v.71. p.138–144, 1998.

JUAN. M.; CHOU, C.C. Enhancement of aglycone. vitamin K2 and superoxide dismutase activity of black soybean through fermentation with *Bacillus subtilis* BCRC 14715 at different temperatures. **Food Microbiology**. London, v. 27, n. 5, p. 586-591, 2010.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la terra**. México: Fondo de Cultura Económica, p.479, 1948.

LAHLAI, R.; PENG, G.; MCGREGOR, L.; GOSSSEN, B.D. Mechanisms of the biofungicide Serenade (*Bacillus subtilis* QST 713) in Puppessing clubroot. **Biocontrol Science and Technology**. Abingdon, v. 21, p. 1351-1362, 2011.

LIMA, F.F.; NUNES, L.A.; DO VB FIGUEIREDO, M.; DE ARAÚJO, F.F.; LIMA, L.M.; DE ARAÚJO, A. S. *Bacillus subtilis* e adubação nitrogenada na produtividade do milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n.4, p.657-661, 2011.

MANTECÓN, J.D. Efficacy of chemical and biological strategies for controlling the soybean brown spot (*Septoria glycines*). **Ciencia e Investigacion Agraria**, v.38, p.211-214, 2008.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **AGROFIT: SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em: 16 Agosto. 2019.

MARCHETTI, M.A.; MELCHING, J.S.; BROMFIELD, K.R. The effects of temperature and dew period on germination and infection by uredospores of *Phakopsora pachyrhizi*. **Phytopatology**, Saint Paul, v.66, n.6, p.461-463, 1976.

MARRONE, P.G. An effective biofungicide with novel modes of action. **Pesticide Outlook**, Cambridge, v. 13, n. 5, p. 193–194, 2002.

MARTINS, S.A.; SCHURT, D.A.; SEABRA, S.S.; MARTINS, S.J.; RAMALHO, M.A.P.; MOREIRA, F.M.S.; SILVA, J.C.P.; SILVA, J.A.G.; MEDEIROS, F.H.V. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) growth promotion and biocontrol by rhizobacteria under *Rhizoctonia*

solani suppressive and conducive soils.

Applied Soil Ecology, v. 127, p. 129-135, 2018.

MELCHING, J. S.; DOWLER, W. M.; KOOGLE, D. L.; ROYER, M. H. Effects of duration, frequency, and temperature of leaf wetness periods on soybean rust. **Plant Disease**, v. 73, p.117-122, 1989.

MISHRA, P.K.; MISHRA, S.; SELVAKUMAR, G.; BISHT, J.K.; KUNDU, S.; GUPTA, H.S. Coinoculation of *Bacillus thuringiensis*-KR1 with *Rhizobium leguminosarum* enhances plant growth and nodulation of pea (*Pisum sativum* L.) and lentil (*Lens culinaris* L.). **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.25, p.753-761, 2009.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729

NAVARRO JÚNIOR, H.M.; COSTA, J.A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.3, p.269-274, 2002.

NOGUEIRA, A.P.O.; SEDIYAMA, T.; SOUSA, L.B.; HAMAWAKI, O.T.; CRUZ, C.D.; PEREIRA, D.G.; MATSUO, E. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, v.28, n.6, p.877-888, 2012.

PELUZIO, J.M.; AFFÉRI, F.S.; MONTEIRO, F. J. S.; VAZ DE MELO, A., PIMENTA, R.S. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em várzea irrigada no Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.3, p.427-434, 2010.

PII, Y.; MIMMO, T.; TOMASI, N.; TERZANO, R.; CESCO, S.; CRECCHIO, C. Microbial interactions in the rhizosphere: beneficial influences of plant growth promoting

rhizobacteria on nutrient acquisition process. A review. **Biology and Fertility of Soils**, v. 51, n.4, p.403- 415, 2015.

SAHARAN, B.S.; NEHRA, V. Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. **Life Sciences and Medicine Research**, v.2011, p.1-30, 2011.

SCHMIDT, J.; MESSMER, M.; WILBOIS, K.P. Beneficial microorganisms for soybean (*Glycine max* (L.) Merr), with a focus on low root-zone temperatures. **Plant and Soil**, v.397, n.1, p.411-445, 2015.

THANCHAROEN, A.; LANKAEW, S.; MOONJUNTHA, P.; WONGPHANUWAT, T.; SANGTONGPRAOW, B.; NGOENKLAN, R.; KITTIPADAKUL, P.; WYCKHUYS, K. A. G. Effective biological control of an invasive mealybug pest enhances root yield in cassanova. **Journal of Pest Science**, v. 91, n. 4, p. 1199-1211, 2018.

TSIGIE, A.; TILAK, K.V.; SAXENA, A.K. Field response of legumes to inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria. **Biology and Fertility of Soils**, v.47, p.971, 2011.

VIEIRA JÚNIOR, J. R.; FERNANDES, C. F.; SILVA, M. S.; ANTUNES JÚNIOR, H.; SILVA, D.S.G.; SILVA, U. O. **Rizobactérias como agentes de controle biológico e promotores de crescimento de plantas**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2013. 15 p.

WSZELAKI, A.L.; MILLER, S.A. Determining the efficacy of disease management products in organically-produced tomato **Engineering Journal**, Amsterdam-Netherlands, v. 37, n. 1, p. 1-20, 2007.

VIGGIANO, J. R.; FREITAS, L. G. de; FERREIRA, P. A. Resíduo da produção de *Pochonia chlamydosporia* no desenvolvimento de mudas e plantas de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 47, n. 7, p. 983-990, 2012.



REI
ISSN 1984-431X

Revista Eletrônica Interdisciplinar
Barra do Garças – MT, Brasil
Ano: 2024 Volume: 16 Número: 3

ZANDONÁ, R. R.; PAZDIORA, P. C.;
PAZINI, J. B.; SEIDEL, E. J.; ETHUR, L. Z.
Chemical and biological seed treatment and
their effect on soybean development and yield.
Revista Caatinga, Mossoró-RN, v. 32, n.2, p.
559-565, 2019.