

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NAYARA PARISOTO BOIAGO

COINOCULAÇÃO E TRATAMENTO DE SEMENTE COM COBALTO E  
MOLIBDÊNIO EM FEIJOEIRO

CURITIBA

2021

NAYARA PARISOTO BOIAGO

COINOCULAÇÃO E TRATAMENTO DE SEMENTE COM COBALTO E  
MOLIBDÊNIO EM FEIJOEIRO

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de Pós-graduação em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná como requisito para obtenção de certificado de Especialização.

Orientador: Prof. Dr. Volnei Pauletti

CURITIBA

2021

## Coinoculação e tratamento de semente com cobalto e molibdênio em feijoeiro

Nayara Parisoto Boiago; Volnei Pauletti

### RESUMO

O objetivo desse trabalho é avaliar o desenvolvimento e produção do feijoeiro perante uso da coinoculação associada ou não a adubação nitrogenada e tratamento de semente com cobalto e molibdênio. O experimento ocorreu em casa de vegetação entre abril e agosto de 2021 em Cascavel, Paraná e foi conduzido em vasos contendo duas plantas da cultivar IPR Urutau por vaso. Utilizou-se delineamento em blocos ao acaso com sete tratamentos combinando coinoculação com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasiliense* com adubação nitrogenada e aplicação de cobalto e molibdênio na semente. O índice de clorofila aumentou com a inoculação de *Rhizobium* diferindo dos demais manejos. O número de vagens e a produtividade de grãos aumentou com a inoculação ou coinoculação somada a adubação nitrogenada. Sendo assim, a coinoculação não altera o desenvolvimento e a inoculação com *Rhizobium* e coinoculação com adubação nitrogenada aumenta o índice de clorofila e produtividade do feijoeiro.

Palavras-chave: *Rhizobium tropici*. *Azospirillum brasiliense*. IPR Urutau. *Phaseolus vulgaris* L.

### ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate the development and yield of common bean under the use of coinoculation associated or not with nitrogen fertilization and seed treatment with cobalt and molybdenum. The experiment took place in a greenhouse between April and August 2021 in Cascavel, Paraná and was carried out in pots containing two plants per pot. A randomized block design was used with seven treatments and four replications combining coinoculation with *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasiliense* with nitrogen fertilization and application of cobalt and molybdenum in the seed. The chlorophyll index increased significantly (Tukey  $p < 0.05$ ) with *Rhizobium* inoculation, differing from the other managements. The number of pods and bean yield increased significantly with inoculation or coinoculation with nitrogen fertilization. Thus, coinoculation does not alter the development and inoculation with *Rhizobium* and coinoculation with nitrogen fertilization increases the chlorophyll index and productivity of the bean plant.

Keywords: *Rhizobium* sp. *Azospirillum* sp. IPR Urutau. *Phaseolus vulgaris* L.

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) representa a principal fonte protéica das populações de baixa renda, destacando-se como um alimento de importância nutricional, econômica e social (MESQUITA et al., 2007). Estima-se que a área destinada ao cultivo da cultura na temporada de 2020/21 seja de 2945,9 mil hectares a resultar em uma produção de 3250 mil toneladas (CONAB, 2021).

A planta é um adubo verde alternativo que produz alta quantidade de biomassa, retorna nutrientes ao se decompor e melhora a qualidade do solo (CARNEIRO, 2010). O feijoeiro possui ciclo curto que se adequa à uma janela de plantio entre a produção de outros grãos como soja e milho, podendo ser cultivado em três épocas distintas no Brasil, sendo elas agosto a dezembro, janeiro a abril e maio a julho (COÊLHO, 2018).

Sua produção tende a estar centralizada em pequenos produtores, mas o sistema de plantio pode variar entre altamente mecanizado, irrigado, produção intensiva como monocultura ou produção consorciada (GRAHAM; RANALLI, 1997). Há uma limitação para atingir altas produtividades do feijoeiro que decorre da precariedade da assistência técnica, manejo de pragas e doenças e, também, da ausência de calagem e uma situação de adubação desequilibrada (COÊLHO, 2018).

O feijão é uma leguminosa que, assim como demais membros da família Fabaceae, possui a característica de se associar a bactérias do gênero *Rhizobium* e essas realizam fixação de nitrogênio (N) atmosférico em troca de carboidratos. Essa característica simbiótica sempre foi considerada de baixa eficiência comparada entre outras culturas leguminosas (PEOPLES et al., 1993), mas pesquisas recentes demonstrarem o contrário, relacionando os níveis de capacidade de fixação biológica de N a diferentes genótipos de feijão (FARIED et al., 2017; HEILIG et al., 2017).

É possível que futuramente, a seleção de genótipos de feijão melhore a habilidade de fixação de nitrogênio em situação de pouco uso de fertilizantes nitrogenados (REINPRECHT et al., 2020). No entanto, compreender a dinâmica entre as práticas de adubação nitrogenada e inoculação faz-se necessário para melhor definir as abordagens no campo.

Evidências mostram que realizar a inoculação conjunta de mais de um microrganismo possibilita potencializar os efeitos da simbiose, prática chamada de coinoculação (STAJKOVIC et al., 2011). A utilização da bactéria fixadora de nitrogênio

do gênero *Rhizobium* sp. juntamente com a não-simbiótica bactéria promotora de crescimento *Azospirillum* sp. é uma das associações mais comuns nesse tipo de prática. Essas associações entre microrganismos e planta são benéficas do ponto de vista nutricional da planta, pois uma alta habilidade de fixação do nitrogênio atmosférico por parte do legume pode compensar parte dos adubos nitrogenados utilizados (HABETE; BURAKA, 2016).

Mesmo sendo potencial extrator de nitrogênio da atmosfera via simbiose, o feijoeiro tende a responder à adubação nitrogenada (REDDEN; HERRIDGE, 1999; ARGAW et al., 2015). Sendo assim, pode ser difícil descartar totalmente esse manejo de adubação, já que o nitrogênio é o nutriente que mais limita a produção agrícola (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). Em termos práticos, a recomendação é a aplicação de adubo nitrogenado mesmo que em doses menores que as sugeridas para garantir a demanda do feijoeiro por nitrogênio, associada à inoculação (NEPAR, 2019).

Outro aspecto sobre a adubação nitrogenada e a taxa de fixação biológica de nitrogênio é a correlação negativa observada entre esses dois eventos, pois a absorção de nitrogênio pelas plantas requer menos gasto energético do que a fixação de nitrogênio simbiótica o que pode levar à uma redução da taxa de fixação conforme aumenta a disponibilidade de nitrogênio no solo (SCHIPANSKI et al., 2010; MUS et al., 2016).

A eficiência de uso de fertilizantes nitrogenados é considerada baixa já que menos que 50% do aplicado é eficientemente utilizado pelas plantas (FALLAHI e SHARIFI, 2020), sendo que a eficiência de uso do nitrogênio (N) pelas plantas considera tanto aspectos de absorção como a metabolização desse elemento. O nitrogênio é absorvido do solo na forma de nitrato e amônio e esses serão assimilados em aminoácidos e proteínas que serão utilizados na produção de clorofila, desenvolvimento de área foliar, componente de ácidos nucleicos, enchimento de grãos, entre outras biomoléculas (TORRES-OLIVAR et al., 2014).

Bredemeier e Mundstock (2000) citam a atividade das enzimas redutase do nitrato como uma possível limitação do metabolismo de nitrogênio nas plantas, já que essa enzima é a primeira na cadeia de redução do nitrogênio absorvido pela planta na forma de nitrato e pode estar relacionada à produtividade das culturas. O molibdênio é um micronutriente envolvido na constituição da nitrato redutase e, portanto, auxilia a planta a utilizar o nitrato absorvido do solo e não deixá-lo acumular

nas folhas, produzindo proteínas (FAROOQ et al., 2012). Esse micronutriente é normalmente utilizado no tratamento de sementes juntamente com o cobalto e, juntos, esses elementos desempenham também papel metabólico importante na fixação de nitrogênio, crescimento e desenvolvimento dos nódulos das bactérias *Rhizobium* (MERCANTE et al., 2011).

Sendo assim, considerando que eficiência do uso de nitrogênio pode depender da adoção de diferentes práticas de manejo como a adubação nitrogenada, uso de micronutrientes e associação simbiótica com microrganismos, o objetivo desse trabalho é avaliar o desenvolvimento e produção de feijoeiro com uso da coinoculação associada ou não à adubação nitrogenada por cobertura e uso de molibdênio e cobalto via tratamento de sementes.

## 2 METODOLOGIA

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação durante os meses de abril e agosto de 2021. A casa de vegetação está localizada nas coordenadas geográficas com latitude 24°56'20.68" S, longitude 53°30'43.25" O e altitude de 781 metros, no Centro de Desenvolvimento Tecnológico (CEDETEC) do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, no município de Cascavel, Paraná, Brasil. A região possui clima temperado úmido com verão quente de acordo com a classificação Koppen-Geiger (APARECIDO *et al.*, 2016).

O solo utilizado para preenchimento dos vasos foi coletado na profundidade de 0-20 cm de um solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico Típico (EMBRAPA, 2013) e sob cultivo agrícola com grãos e sob plantio direto a mais de 5 anos. As características químicas constam na TABELA 1.

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E TEXTURA DO SOLO UTILIZADO NO EXPERIMENTO.

P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC (T)	CTC (t)	V	MO	pH
mg dm <sup>-3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>							%	g dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>
15,54	0,63	5,39	1,32	0,18	7,76	15,1	7,52	48,61	36,77	4,9

FONTE: Boiago e Pauletti (2021).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso (DBC) com sete tratamentos e 4 repetições, totalizando 28 unidades experimentais sendo que cada

unidade experimental corresponde a um vaso de 16 L. Os tratamentos experimentais foram testemunha (T1), sementes coinoculadas (T2), coinoculação com tratamento de semente de cobalto e molibdênio (T3), coinoculação com adubação nitrogenada (T4), coinoculação com tratamento de semente de cobalto e molibdênio e adubação nitrogenada (T5), adubação nitrogenada (T6) e inoculação com *Rhizobium* sp. (T7).

Antes da implantação, foi realizada a adubação com adubação fosfatada com superfosfato simples aplicando 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> proporcional a área do vaso o que resulta em aproximadamente 47 kg ha<sup>-1</sup> de enxofre e 29,4 kg ha<sup>-1</sup> de cálcio.

Para o tratamento de coinoculação, utilizou-se inoculante *Rhizobium tropici* Semia 4077, Semia 4080 ou Semia 4088 com 3,0 x 10<sup>9</sup> células viáveis por mL g<sup>-1</sup>. Já para a aplicação de *Azospirillum* foram utilizadas as estirpes AbV6 e AbV5 com 2,0 x 10<sup>8</sup> células viáveis por mL. Ambos os produtos foram aplicados na dose de 100 mL para cada 25 kg de sementes. As sementes foram colocadas em sacos plásticos e agitadas intensamente para garantir distribuição uniforme dos inoculantes sobre o total de sementes tratadas.

O tratamento com molibdênio e cobalto foi realizado nas sementes com fertilizante líquido contendo 10% de molibdênio e 1% de cobalto, na dose de 3 mL para cada quilograma de semente. O fornecimento de nitrogênio foi realizado utilizando ureia revestida por polímeros, em cobertura, 35 dias após a semeadura, aplicando-se 55,5 kg ha<sup>-1</sup>, seguindo as recomendações do Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná (NEPAR, 2019).

A ordem seguida nos tratamentos de sementes consistiu em iniciar pelo tratamento com fungicida, seguido do tratamento de micronutrientes e, por último, o tratamento de inoculação e/ou coinoculação.

Em cada vaso, quatro sementes da cultivar IPR Uutau (IAPAR) foram semeadas na primeira quinzena de maio e, após o desenvolvimento inicial da cultura, as duas plântulas mais vigorosas foram selecionadas para continuação do experimento.

Anteriormente à semeadura, as sementes foram tratadas com inseticida e fungicida a base de Fipronil + Tiofanato metílico + Piraclostrobina na dose 0,5 L para cada 100 kg de semente. O defensivo foi medido e aplicado nas sementes que foram homogeneizadas e dispostas até completa secagem do produto para, posteriormente, receber o respectivo tratamento experimental. Durante o desenvolvimento da cultura, duas aplicações foliares de fungicida trifloxistrobina e tebuconazol na dose 0,6 L ha<sup>-1</sup>

foram necessárias e realizadas manualmente em calda de 100 L ha<sup>-1</sup> proporcional a área do vaso.

Os parâmetros avaliados foram velocidade de emergência e altura das plântulas, altura das plantas, índice de clorofila, diâmetro do caule, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e produtividade. A emergência foi obtida pela contagem das plântulas emergidas aos 7 e 14 dias após a semeadura e a altura de plântulas foi aferida aos 10 e 20 dias após a emergência.

No estágio de transição entre vegetativo e reprodutivo (estádio R% - 50% das plantas + 1) foram avaliados a altura, diâmetro de caule e índice de clorofila (IC) das plantas. A altura foi aferida da base do solo até a inserção do último par de folhas da gema apical, com auxílio de uma régua milimetrada e expressa em cm. O diâmetro do caule, medido na porção caulinar na base do solo, foi aferido com auxílio de paquímetro digital e também expresso em cm. O IC foi medido com auxílio do clorofilometro clorofiLOG Falker® modelo CFL1030, avaliando duas folhas do terço médio das plantas sendo que em cada folha a medida foi realizada em duplicata. Para o cálculo de IC, o equipamento considera os teores de clorofila A e B, possível pela combinação dos comprimentos de onda de luz analisados.

Após a maturação fisiológica, o número de vagens de cada planta foi contabilizado, assim como a média de número de grãos por vagem. Esses grãos foram quantificados em massa em balança analítica e a produtividade foi expressa em g planta<sup>-1</sup>.

Os dados obtidos foram submetidos à análise descritiva e teste de normalidade Anderson Darling. Os dados que não apresentaram distribuição normal pelo teste de normalidade foram transformados pela transformação de Johnson. Assim, a análise de variância foi realizada e, quando constatada diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste Tukey. Todas as análises foram avaliadas com 5% de significância, no programa estatístico Minitab16 (MINITAB, 2016).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos na análise descritiva dos parâmetros estudados em feijoeiro com a combinação de coinoculação de *Rhizobium* e *Azospirillum*, cobalto e

molibdênio (CoMo) via tratamento de sementes e adubação nitrogenada em cobertura estão apresentados na TABELA 1 e TABELA 2.

Os coeficientes de variação (C.V.) dos dados de altura inicial com 10 e 20 dias após a semeadura, altura, diâmetro e índice de clorofila foram menores que 20%, enquanto os demais parâmetros apresentaram C.V. maior que 20%. Segundo Banzatto e Kronka (2006), o coeficiente de variação nos experimentos agrícolas é esperado entre 10 e 20%. Os altos coeficientes de variação para os parâmetros de número de vagens e produtividade se devem heterogeneidade no desenvolvimento das plantas a partir do florescimento. Algumas plantas rapidamente avançaram nos estádios fenológicos e outras prolongaram o ciclo, perdendo mais flores e desenvolvendo menos legumes.

TABELA 1 – RESUMO DA ANÁLISE DESCRITIVA E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS PLANTAS EMERGIDAS AOS 7 E 14 DIAS E ALTURA INICIAL DAS PLÂNTULAS COM 10 E 20 DIAS APÓS A SEMEADURA COM TRATAMENTOS COMBINANDO A COINOCULAÇÃO DE *RHYZOBIUM* E *AZOSPIRILLUM*, COBALTO E MOLIBDÊNIO VIA TRATAMENTO DE SEMENTES E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA. CASCAVEL – PR.

	Emergência (dias)		Altura inicial (cm)	
	7 dias	14 dias	10 dias	20 dias
Média geral	2,07	3,43	6,08	8,48
C.V.	49,04	23,05	10,96	8,01
<b>p-valor</b>				
Anderson-Darling	<0,005*	<0,005*	0,021*	0,479 <sup>ns</sup>
ANOVA	0,816 <sup>ns</sup>	0,063 <sup>ns</sup>	0,391 <sup>ns</sup>	0,990 <sup>ns</sup>

C.V. = coeficiente de variação; ns = não significativo; \* = significativo pelo teste F à 5% de significância. FONTE: Boiago e Pauletti (2021).

TABELA 2 – RESUMO DA ANÁLISE DESCRITIVA E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS ALTURA, DIÂMETRO DE CAULE, ÍNDICE DE CLOROFILA, NÚMERO DE VAGENS, NÚMERO DE GRÃOS POR VAGEM (GPV) E PRODUTIVIDADE (PROD) DE FEIJOEIRO COM TRATAMENTOS COMBINANDO A COINOCULAÇÃO DE *RHYZOBIUM* E *AZOSPIRILLUM*, COBALTO E MOLIBDÊNIO VIA TRATAMENTO DE SEMENTES E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA. CASCAVEL – PR.

	Altura (cm)	Diâmetro (cm)	Índice de Clorofila	Vagens (un)	GPV (un)	Prod (g planta <sup>-1</sup> )
Média	24,33	6,11	38,45	5,77	3,12	5,75
C.V.	14,12	10,47	13,15	42,10	22,82	77,22
<b>p-valor</b>						
Anderson-Darling	0,638 <sup>ns</sup>	0,609 <sup>ns</sup>	0,154 <sup>ns</sup>	0,041*	0,174 <sup>ns</sup>	<0,005*
ANOVA	0,364 <sup>ns</sup>	0,257 <sup>ns</sup>	0,003*	0,029*	0,981 <sup>ns</sup>	0,015*

C.V. = coeficiente de variação; ns = não significativo; \* = significativo pelo teste F à 5% de significância. FONTE: Boiago e Pauletti (2021).

Ainda, ao constatar-se resultado significativo no teste de normalidade Anderson-Darling, os dados de número de plantas emergidas aos 7 e 14 dias após a semeadura, altura das plantas aos 10 dias após a semeadura, número de vagens e produtividade foram transformados pela transformação de Johnson.

A velocidade de emergência das plantas, avaliada aos 7 e 14 dias após a semeadura, e a altura inicial das plantas, não variaram com os tratamentos (TABELA 3).

TABELA 3 – MÉDIAS DOS PARÂMETROS NÚMERO DE PLANTAS DE FEIJOEIRO EMERGIDAS AOS 7 E 14 DIAS E ALTURA INICIAL DAS PLÂNTULAS COM 10 E 20 DIAS APÓS A SEMEADURA EM FUNÇÃO DA COINOCULAÇÃO (COINOC) COM *RHYZOBIUM* E *AZOSPIRILLUM*, COBALTO E MOLIBDÊNIO (CoMo) VIA TRATAMENTO DE SEMENTES E ADUBAÇÃO NITROGENADA (N) EM COBERTURA. CASCAVEL – PR.

Tratamentos	Emergência (un)		Altura inicial (cm)	
	7 dias	14 dias	10 dias	20 dias
Testemunha	2,50	4,00	6,11	8,50
Coinoc	2,00	3,50	6,63	8,69
Coinoc + CoMo	1,50	2,75	5,51	8,41
Coinoc + N	2,25	3,25	5,99	8,41
Coinoc + CoMo + N	2,50	4,00	6,40	8,64
N	2,00	3,75	6,00	8,39
<i>Rhizobium</i> sp.	1,75	2,50	5,95	8,32
p-valor	*ns	*ns	*ns	*ns

não significativo; \* = significativo pelo teste F à 5% de significância.

FONTE: Boiago e Pauletti (2021).

A altura de plantas, diâmetro de colmo e número de grãos por vagem não variaram com os tratamentos (TABELA 4).

A utilização da prática isolada da inoculação com *Rhizobium* sp. proporcionou maior valor de índice que clorofila que a testemunha, enquanto as práticas isoladas de coinoculação e adubação nitrogenada também foram menos eficientes. Coinocular as sementes de feijão aliando à aplicação de CoMo via sementes com ou sem adubação nitrogenada resulta em plantas com o mesmo índice de clorofila do que aquelas que receberam apenas inoculação com *Rhizobium* (TABELA 4). Também é possível que a dose de N aplicada (equivalente a 55,5 kg ha<sup>-1</sup> de N) tenha sido insuficiente para o cultivo em vaso, resultando em menor IC.

TABELA 4 – MÉDIAS DOS PARÂMETROS ALTURA, DIÂMETRO DE CAULE, ÍNDICE DE CLOROFILA, NÚMERO DE VAGENS, NÚMERO DE GRÃOS POR VAGEM (GPV) E PRODUTIVIDADE (PROD) DE FEIJOEIRO COM TRATAMENTOS COMBINANDO A COINOCULAÇÃO (COINOC) DE *RHYZOBIUM* E *AZOSPIRILLUM*, COBALTO E MOLIBDÊNIO (CoMo) VIA TRATAMENTO DE SEMENTES E ADUBAÇÃO NITROGENADA (N) EM COBERTURA. CASCAVEL – PR.

Tratamentos	Altura (cm)	Diâmetro (cm)	Índice de Clorofila	Vagens (un)	GPV (un)	Prod (g planta <sup>-1</sup> )
Testemunha	22,39	6,01	34,70 b	3,62 c	3,28	2,78 c
Coinoc	24,00	5,88	34,90 b	5,36 b	3,19	4,03 b
Coinoc + CoMo	23,81	6,35	36,40 ab	5,36 b	2,91	4,75 b
Coinoc + N	27,13	6,57	43,19 ab	8,13 a	2,95	12,11 a
Coinoc + CoMo + N	22,06	5,46	41,2 ab	4,63 b	3,04	4,18 b
N	25,18	6,20	35,09 b	5,13 b	3,35	4,15 b
<i>Rhizobium</i> sp.	25,75	6,28	43,70 a	8,13 a	3,11	8,27 a
p-valor	*ns	*ns	**	**	*ns	**

\*ns= variação não significativa; \*\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de significância.

FONTE: Boiago e Pauletti (2021).

Segundo Silveira, Braz e Didonet (2003), o teor de clorofila das folhas de feijão apresenta correlação com o teor de nitrogênio na planta e pode ser utilizado como ferramenta de recomendação de adubação nitrogenada. Isso porque o nitrogênio é constituinte estrutural da molécula de clorofila, então, o aumento do teor de clorofila na planta resulta em maior taxa fotossintética (LEGHARI et al., 2016).

As bactérias do gênero *Rhizobium* tem a capacidade de fixação biológica de nitrogênio (N) atmosférico quando em simbiose com o feijoeiro, transformando o N<sub>2</sub> em amônia (FERREIRA et al., 2000; FIGUEIREDO et al., 2007). Entende-se então que o aumento no teor de clorofila observado principalmente nos tratamentos de inoculação é resultado do sucesso simbiótico entre as bactérias e o feijoeiro e melhor uso do nitrogênio biológico e químico.

O maior índice de clorofila das plantas inoculadas do que das plantas cujas sementes foram tratadas apenas com coinoculação (*Rhizobium* e *Azospirillum*) pode ser devido à alta concentração de *Azospirillum* que pode inibir o crescimento de *Rhizobium*, refletindo na redução do estabelecimento simbiótico entre a bactéria fixadora de N<sub>2</sub> e a planta (HUNGRIA, NOGUEIRA e ARAUJO, 2015). O efeito do *Azospirillum* no vegetal é de promoção de crescimento principalmente pela produção de hormônios de crescimento e desenvolvimento vegetativo (GITTI et al., 2016), efeito esse que não foi observado nos parâmetros vegetativos aqui avaliados.

Esse resultado difere do observado por Bettiol (2019) que, estudando diferentes manejos de adubação nitrogenada e inoculação, constatou diferença no IC de feijão perante inoculação e coinoculação, entretanto, as plantas coinoculadas apresentaram maior IC. Já as plantas que receberam o manejo de coinoculação e adubação nitrogenada também apresentaram maior IC, resultado coerentes nas duas pesquisas.

O número de vagens e a produtividade por planta de feijão obtidos a partir da inoculação com *Rhizobium* sp. e a coinoculação com adubação nitrogenada são os maiores considerando os demais manejos estudados. Nestes tratamentos, a média produtiva variou entre 8 e 12 gramas de grãos por planta, enquanto na testemunha foi de 2,78 gramas. Aumento na produção resultante dos efeitos da inoculação de bactérias também são observados em outras culturas leguminosas (LAMPTEY et al., 2014). A semelhança estatística entre os tratamentos descritos acima reforça a afirmativa de Fallahi e Sharifi (2020) de que a inoculação é uma tecnologia tão efetiva no fornecimento do nitrogênio para o feijão quanto o fertilizante nitrogenado.

Gitti et al. (2016) não observaram diferenças significativas no número de vagens de feijão com ou sem coinoculação via tratamento de semente. Já Tochetto e Boiago (2019) observaram aumento no número de vagens e produtividade de feijão perante aplicação via sulco de *Rhizobium* e *Azospirillum* na cultura de feijão. Esses resultados, juntamente com o observado no presente estudo, mostram como o sucesso do emprego da técnica depende de vários fatores e motiva o estudo das combinações de diferentes manejos relacionados ao uso de nitrogênio pela planta.

Percebe-se também que não há contribuição da aplicação dos micronutrientes Mo e Co em todas as variáveis avaliada (TABELAS 3 e 4). Esses micronutrientes, o primeiro essencial e o segundo benéfico, podem estar menos disponível para a absorção em solos ácidos, como o utilizado no presente estudo. O pH reduzido pode favorecer também a inibição competitiva do Mo e o sulfato, comprometendo a eficiência na sua absorção (FAGERIA et al., 2015). Fernandes, Souza e Santos (2018) ressaltam que fatores relacionados ao produto final como acidez da calda e o contato direto da bactéria com os sais que contêm Co parecem ser fatores limitantes para o potencial da fixação biológica de nitrogênio.

Bassan et al. (2001) estudaram aplicação de nitrogênio, molibdênio e inoculação de sementes e observação que a aplicação de molibdênio não exerceu efeito sobre os parâmetros estudados.

Baseado nos resultados aqui apresentados, qualquer manejo relacionado ao fornecimento de nitrogênio à planta de feijão é responsivo quando considerado os resultados de vagens e produtividade da testemunha. Ao promover a associação entre a leguminosa e as bactérias diazotróficas aumenta-se a absorção de nitrogênio por parte da planta, refletindo no rendimento produtivo da cultura (COSTA et al., 2014). Sabe-se também que os benefícios de associação do *Azospirillum* em termos de nutrição mineral da planta ainda precisam ser compreendidos e explorados, pois essa associação beneficia a planta de diversas formas fisiológicas (HUNGRIA, NOGUEIRA e ARAUJO, 2015).

A forma da utilização da tecnologia microbiológica, assim como a concentração e interação entre os microrganismos parecem interferir nessa resposta. Como a inoculação de *Rhizobium* nas sementes de feijão é o manejo de menor custo e maior praticidade, esse mostra-se a opção mais coerente considerando as condições desse trabalho.

É importante destacar também que fisiologicamente o teor de clorofila das folhas, o número de vagens e a produtividade nos resultados aqui observados. Esses podem estar relacionados visto que os maiores valores desses parâmetros coincidem para os manejos com inoculação por *Rhizobium* sp. e a coinoculação com adubação nitrogenada. Essa hipótese é coerente ao considerarmos que algumas plantas com maior teor de clorofila tendem a apresentar maiores taxas de fotossíntese e, conseqüentemente, maior produtividade (MARSCHNER, 2012).

#### **4 CONCLUSÕES**

Não houve efeito da aplicação de inoculantes contendo *Rhizobium* e *Azospirillum* e tratamento de semente de molibdênio e cobalto no desenvolvimento das plantas de feijoeiro.

O uso da inoculação com *Rhizobium* ou coinoculação associada a adubação nitrogenada aumentou o índice de clorofila e a produtividade do feijoeiro.

#### **REFERÊNCIAS**

APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; RICHETTI, J.; SOUZA, P. S. JOHANN, J. A. Classificações climáticas de Köppen, Thornthwaite e Camargo para zoneamento climático no Estado do Paraná, Brasil. **Ciência e Agrometeorologia**, v. 40, n. 4, p. 405-417, 2016.

ARGAW, A.; MEKONNEN, E.; MULETA, D. Agronomic efficiency of N of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in some representative soils of Eastern Ethiopia. **Cogent Food & Agriculture**, v. 1., p. 16, 2015.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: Funep, 2006. 237 p.

BASSAN, D. A. Z.; ARF, O.; BUZETTI, S.; CARVALHO, M. A. C.; NELI, C. B. S.; SÁ, M. E. Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão de inverno: produção e qualidade de fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 1, p. 76-83, 2001.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

CARNEIRO, W. M. A. **Análise setorial – Feijão: Produção e Mercados**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2010.

COELHO, J. D. Produção de grãos – feijão, milho e soja. **Caderno Setorial ETENE**, a. 3, n. 51, p. 1-14, 2018.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos - Safra 2020/21, v. 8, n. 5**. Brasília: Conab, p. 1-94, 2021.

COSTA, E. M.; CARVALHO, F.; ESTEVES, J. A.; NÓBREGA, R. S. A.; MOREIRA, F. M. S. Resposta da soja a inoculação e co-inoculação com bactérias promotoras do crescimento vegetal e *Bradyrhizobium*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, p. 1678-1689, 2014.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – 3ed. Ver. Ampl.** Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. 353 p.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B.; CARVALHO, M. C. S. **Nutrição mineral do feijoeiro**. Brasília: Embrapa, 2015. 934p.

FALLAHI, S. SHARIFI, P. Effect of nitrogen fixing bacteria and nitrogen rate on yield and growth of common bean. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, v. 68, n. 3, p. 491-497, 2020.

FALLAHI, S.; SHARIFI, P. Effect of nitrogen fixing bacteria and nitrogen rate on yield and growth of common bean. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, v. 68, n. 3, p. 491-496, 2020.

FARID, M.; EARL, H. J.; PAULS, K. P.; NAVABI, A. Response to selection for improved nitrogen fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Euphytica**, p. 213-299, 2017.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; SIDDIQUE, K. H. M. Micronutrient application through seed treatments – a review. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 12, n. 1, p. 125-142, 2012.

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; AZEVEDO, L. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: SBCS, 2018. 670p.

FERREIRA, A. N.; ARF, O.; DE CARVALHO, M. A. C.; ARAÚJO, R. S.; DE SÁ, M. E.; BUZZETTI, S. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 3, p. 507-512, 2000.

FIGUEIREDO, M. V. B., MARTÍNEZ, C. R., BURITY, H. A.; CHANWAY. C. P. Plant growth-promoting rhizobacteria for improving nodulation and nitrogen fixation in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 24, p. 1187–1193, 2007.

GITTI, D. C. **Inoculação e coinoculação na cultura da soja**. Maracaju: Embrapa, 2015.

GRAHAM, P. H.; RANALLI, P. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Field Crops Research**, v. 53, p. 131-146, 1997.

HABETE, A.; BURAKA, T. Effect of Rhizobium inoculation and nitrogen fertilization on nodulation and yield response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at Boloso Sore, Southern Ethiopia. **Journal of Biological, Agriculture and Health**, v. 6, n. 13, p. 72–75, 2016.

HEILIG, J. A.; WRIGHT, E. M.; KELLY, J. D. Symbiotic nitrogen fixation of black and navy bean under organic production systems. **Organic Agriculture & Agroecology**, v. 109, p. 2223–2230, 2017.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Soybean seed co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasiliense*: A new biotechnological tool to improve yield and sustainability. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 811-817, 2015.

LAMPTEY, S., AHLABOR, B. D. K., YEBOAH, S. and OSEI, D. Effect of *Rhizobium* inoculants and reproductive growth stages on shoot biomass and yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merril.). **Journal of Agricultural Science**, v.6, p. 44–54, 2014.

LEGHARI, S. J.; LAGHARI, A. H.; LAGHARI, G. M.; AHMED, T. Role of nitrogen for plant growth and development: A review. **Advances in Environmental Biology**, v. 10, n. 9, p. 209-218, 2016.

MARSCHNER, P. **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3Ed. Hohenheim: Academic Press, 2012. 672p.

MERCANTE, F. M.; HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; REIS JÚNIOR, F. B. **Estratégias para aumentar a eficiência de inoculantes microbianos na cultura da soja**. Comunicado Técnico 169, Dourados: EMBRAPA, 2011.

MESQUITA, F.R.; CORREA, A. D.; ABREU, C. M. P.; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. F. B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): Composição química e digestibilidade protéica. **Ciência agrotecnológica**, v. 31, n. 4, p. 1114-1121, 2007.

MINITAB. **Getting Started with Minitab 17**. Minitab, 2017. 82 p.

MUS, F.; CROOK, M. B.; GARCIA, K. GARCIA COSTAS, A.; GEDDES, B. A.; KOURI, E. D.; PARAMASIVAN, P.; RYU, M.; OLDROYD, G. E. D.; POOLE, P. S.; UDVARDI, P. S.; VOIGT, C. A.; ANÉ J.; PETERS, J. W. Symbiotic nitrogen fixation and the challenges to its extension to nonlegumes. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 82, p. 3698–3710, 2016.

NEPAR. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Editores: PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. 2 Ed. Curitiba: NEPAR-SBCS, 2019. 289p.

PEOPLE, M. B.; HAUGGAARD-NIELSEN, H.; JENSEN, E.S. The potential environmental benefits and risks derived from legumes in rotations. In: EMERICH, D.W.; KRISHNAH, H.D. **Nitrogen fixation in crop production**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, p. 349-385, 2009.

REDDEN, R. J.; HERRIDGE, D. F. Evaluation of genotypes of navy and culinary bean (*Phaseolus vulgaris* L.) selected for superior growth and nitrogen fixation. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 39, 975–980, 1999.

REINPRECHT, Y.; SCHRAM, L.; MARSOLAIS, F.; SMITH, T. H.; HILL, B.; PAULS, K. P. Effects of nitrogen application on nitrogen fixation in common bean production. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, 19p., 2020.

SCHIPANSKI, M. E.; DRINKWATER, L. E.; RUSSELLE, M. P. Understanding the variability in soybean nitrogen fixation across agroecosystems. **Plant Soil**, v. 329, p. 379–397, 2010.

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 9, p. 1083-1087, 2003.

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Nitrogen fertilization of common bean grown under no-tillage system after several cover crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 377–381, 2005.

STAJKOVIC, O.; DELIC, D.; JOSIC, D.; KUZMANOVIC, D.; RASULIC, N.; KNEZEVIC-VUKCEVIC, J. Improvement of common bean growth by co-inoculation with *Rhizobium* and plant growth-promoting bacteria. **Romanian Biotechnological Letters**, v. 16, n. 01, 2011.

TOCHETO, G. H. G.; BOIAGO, N. P. Formas de aplicação de *Rhizobium tropici* e *Azopirillum brasiliensei* coinoculados na cultura do feijão. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 13, n. 2, p. 37-48. 2020.

TORRES-OLIVAR, V.; VILLEGAS-TORRES, O. G.; DOMINGUEZ-PATINO, M. L.; SOTELO-NAVA, H.; RODRIGUEZ-MARTÍNEZ, A.; MELGOZA-ALEMÁN, R. M.; VALDEZ-AGUILA, L. A.; ALIA-TEJACAL, I. Role of nitrogen and nutrients in crop nutrition. **Journal of Agricultural Science and Technology** , v. 4, p. 29-37, 2014.