

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

MILENA DOS SANTOS PINTO

Doses de Cobalto e Molibdênio via foliar na presença ou ausência de *Bacillus subtilis* em feijoeiro de inverno.

**Ilha Solteira
2022**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de Ilha Solteira

MILENA DOS SANTOS PINTO

Doses de Cobalto e Molibdênio via foliar na presença ou ausência de *Bacillus subtilis* em feijoeiro de inverno.

Trabalho de conclusão de curso apresentado
à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira –
Unesp como parte dos requisitos para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Agrônômica.

Marco Eustáquio de Sá
Orientador

Ilha Solteira
2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

P659d Pinto, Milena dos Santos.
Doses de cobalto e molibdênio via foliar na presença e ausência de *Bacillus subtilis* em feijoeiro de inverno / Milena dos Santos Pinto. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022

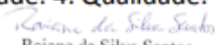
44 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2022

Orientador: Marco Eustáquio de Sá

Inclui bibliografia

1. *Phaseolus vulgaris* L.. 2. Micronutrientes. 3. Produtividade. 4. Qualidade.


Raiane da Silva Santos
Supervisora Técnica de Segle
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO” FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA
SOLTEIRA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA**

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**TÍTULO: DOSES DE COBALTO E MOLIBDÊNIO VIA FOLIAR NA
PRESENÇA OU AUSÊNCIA DE *Bacillus subtilis* EM FEIJOEIRO DE
INVERNO.**

ALUNA: MILENA DOS SANTOS PINTO

ORIENTADOR: PROF. DR. MARCO EUSTÁQUIO DE SÁ

Aprovado (x) - Reprovado () pela Comissão Examinadora. **Nota: 10,0**

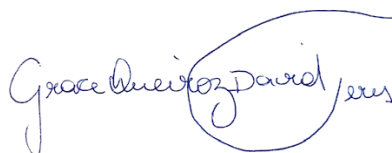
Comissão Examinadora:



PROF. DR. MARCO EUSTÁQUIO DE SÁ
Orientador - UNESP/FEIS



PROF. WALMOR MOYA PERES
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT



PROF^a. GRACE QUEIROZ DAVID PERES
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT



ALUNA: MILENA DOS SANTOS PINTO

Ilha Solteira (SP) 09/07/2022.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá por todos os ensinamentos, todo apoio e todo tempo dedicado em auxiliar na minha formação acadêmica durante esses anos de convivência.

A minha família, principalmente minha mãe e meu pai, por todo esforço feito para permitir a realização dos meus objetivos.

Ao corpo de funcionários do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia (DEFTASE) por toda ajuda prestada na realização dos testes e análises laboratoriais.

Aos meus companheiros da turma LIII, pelos momentos compartilhados durante a graduação.

Por fim, a Deus pelas bênçãos proporcionadas, incluindo a conclusão dessa etapa da minha vida.

RESUMO

O cultivo de feijão (*Phaseolus vulgaris*) irrigado no inverno, o uso de bioestimulantes como as bactérias e a aplicação foliar de micronutrientes propicia um aumento na produtividade de grãos, além de diminuir os danos causados por pragas e doenças na cultura, gerando sementes de boa qualidade. Assim, o trabalho teve como objetivo avaliar a influência do uso de *Bacillus subtilis* e da aplicação foliar de doses de Cobalto e Molibdênio na produtividade e na qualidade fisiológica de sementes do feijoeiro-comum cultivado na safra de outono-inverno. O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP), localizada em Selvíria – MS. O cultivar de feijão utilizado foi o IAC 1850 e a semeadura foi feita em plantio direto, sob palhada de milho. O delineamento utilizado foi o DBC, disposto em esquema fatorial 2x5, aplicação ou não de *Bacillus subtilis* e 5 doses de CO-MO (0,0; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 L ha⁻¹), totalizando 10 tratamentos com 4 repetições. Foram avaliados os parâmetros: altura de plantas, altura da inserção da 1ª vagem, Nº de vagens cheias, Nº de vagens chochas, Nº de sementes por vagem, Nº de sementes por planta, peso de Cem sementes e produtividade, além dos teores foliares dos nutrientes e os índices dos pigmentos fotossintéticos. Também se analisou o vigor das sementes pelos testes de germinação, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, peso seco, comprimento de parte aérea e de raiz de plântulas. O uso de *Bacillus subtilis* influenciou positivamente na produtividade do feijoeiro de inverno e a dose de 0,5 L ha⁻¹ do produto a base de Cobalto mais Molibdênio foi a de maior produtividade de grãos registrada, superando a testemunha. Além disso, as sementes do feijoeiro apresentaram ótima qualidade fisiológica, com alta germinação e alto vigor independente da aplicação de *B. subtilis* ou de Cobalto e Molibdênio.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., Micronutrientes, Produtividade, Qualidade.

ABSTRACT

The cultivation of common bean (*Phaseolus vulgaris*) irrigated in winter, the use of biostimulants such as bacteria and the foliar application of micronutrients provide an increase in grain productivity, in addition to reducing the damage caused by pests and diseases in the culture, generating seeds of good quality. Thus, the objective of this work was to evaluate the influence of the use of *Bacillus subtilis* and the foliar application of doses of Cobalt and Molybdenum on the productivity and physiological quality of common bean seeds cultivated in the autumn-winter season. The experiment was carried out at the Teaching, Research and Extension Farm (FEPE), of the Faculty of Engineering of Ilha Solteira (FEIS/UNESP), located in Selvíria - MS. The common bean cultivar used was IAC 1850 and sowing was done in no-tillage, under millet straw. The design used was the DBC, arranged in a 2x5 factorial scheme, application or not of *Bacillus subtilis* and 5 doses of CO-MO (0.0; 0.5; 1.0; 2.0; 3.0 L ha⁻¹), totaling 10 treatments with 4 replications. The parameters were evaluated: plant height, height of insertion of the 1st pod, No. of full pods, No. of empty pods, No. of seeds per pod, No. of seeds per plant, weight of one hundred seeds and productivity, in addition to the foliar contents of the nutrients and indices of photosynthetic pigments. Seed vigor was also analyzed by germination, electrical conductivity, accelerated aging, dry weight, shoot length and seedling root length. The use of *Bacillus subtilis* had a positive influence on the yield of winter bean and the dose of 0.5 L ha⁻¹ of the product based on Cobalt plus Molybdenum had the highest grain yield recorded, surpassing the control. In addition, bean seeds showed excellent physiological quality, with high germination and high vigor, regardless of the application of *B. subtilis* or Cobalt and Molybdenum.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., Micronutrients, Productivity, Quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Dados de temperatura média, umidade relativa do ar e chuvas registradas no período de realização do experimento. Selvíria – MS, Brasil, 2021.....	19
Figura 2	- Pesagem da matéria fresca das folhas de feijão coletadas para as avaliações. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.....	21
Figura 3	- Amostras preparadas para a extração das clorofilas, carotenóides e feofitinas em folhas de feijão. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.....	22
Figura 4	- Germinação das plântulas de feijão após 5 dias no germinador. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.....	23
Figura 5	- Amostra preparada para a leitura da condutividade elétrica em sementes de feijão. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.....	24
Figura 6	- Caixa Gerbox com sementes de feijão que irão para a BOD por 72 horas à 41°C, passar pelo processo de envelhecimento. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.....	25
Figura 7	- Gráfico de regressão quadrática da interação entre uso de <i>Bacillus subtilis</i> e doses de Cobalto e Molibdênio para o teor de Nitrogênio em plantas de feijão cultivado no inverno. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.....	27
Figura 8	- Gráfico de regressão quadrática da interação entre o uso de <i>Bacillus subtilis</i> e doses de Cobalto e Molibdênio para o teor de Cobre em plantas de feijão cultivado no inverno. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.....	29
Figura 9	- Gráfico de regressão quadrática da interação entre o uso de <i>Bacillus subtilis</i> e doses de Cobalto e Molibdênio para o índice de Clorofila A de plantas de feijão cultivado no inverno. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.....	31
Figura 10	- Gráfico de regressão quadrática da interação entre o uso de <i>Bacillus subtilis</i> e doses de Cobalto e Molibdênio para a produtividade de grãos de plantas de feijão cultivado no inverno. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.....	34
Figura 11	- Gráfico de regressão quadrática da interação entre o uso de <i>Bacillus subtilis</i> e doses de Cobalto e Molibdênio para o comprimento da parte aérea de plântulas de feijão cultivado no inverno. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Dados apresentados pela análise química do solo da área experimental. Selvíria – MS, Brasil, 2021.....	20
Tabela 2	- Valores médios da análise nutricional dos macronutrientes: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), e Enxofre (S), em folhas de feijão em função do uso de <i>Bacillus subtilis</i> e da aplicação de diferentes doses de Cobalto mais Molibdênio. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.....	26
Tabela 3	- Valores médios da análise nutricional dos micronutrientes: Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), em folhas de feijão em função do uso de <i>Bacillus subtilis</i> e da aplicação de diferentes doses de Cobalto mais Molibdênio. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.....	28
Tabela 4	- Valores médios da análise dos índices dos Pigmentos Fotossintéticos: Clorofila A (CLORO A), Clorofila B (CLORO B), Clorofila Total (CLORO TOTAL), Carotenoides (CAROTE), Feofitina A (FEO A), Feofitina B (FEO B) e Feofitina Total (FEO TOTAL), em folhas de feijão em função do uso de <i>Bacillus subtilis</i> e da aplicação de diferentes doses de Cobalto mais Molibdênio. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.....	30
Tabela 5	- Valores médios de Altura de plantas (ALT), Inserção da 1ª vagem (IPV), Nº de vagens cheias (NVC), Nº de vagens chochas (NVCho), Nº de grãos por vagem (NGV), Nº de grãos por planta (NGP), Massa de 100 sementes (MCS) e Produtividade à 13% de Umidade (PROD), em função do uso de <i>Bacillus subtilis</i> e da aplicação de diferentes doses de Cobalto mais Molibdênio. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.....	32
Tabela 6	- Valores médios do Teste de Germinação (GERM), Condutividade elétrica (C.E), Peso seco de plântulas (P.S.P.), Comprimento de raiz (C.R), Comprimento da parte aérea (C.P.A) e Teste de Germinação após Envelhecimento Acelerado (ENV.ACE), em sementes de feijão em função do uso de <i>Bacillus subtilis</i> e da aplicação de diferentes doses de Cobalto mais Molibdênio. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO LITERATURA	11
2.1 CULTURA DO FEIJÃO-COMUM (<i>Phaseolus vulgaris</i> , L.).....	11
2.2 USO DE <i>BACILLUS SUBTILIS</i> NA AGRICULTURA	12
2.3 ADUBAÇÃO FOLIAR DE COBALTO E MOLIBDÊNIO	13
2.4 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO.....	14
2.5 PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS: CLOROFILA A, CLOROFILA B, CAROTENÓIDES E FEOFITINAS..	15
2.6 QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES E TESTES DE VIGOR	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5 CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro destaca -se no cenário da agricultura brasileira tanto pelo volume de produção quanto em área plantada, sendo também importante na ocupação de mão de obra. Na safra de 2020/21, o país registrou produção de 2.856,1 mil toneladas em área total de 2.923,3 mil hectares, segundo levantamento da CONAB (2021). Desse modo, o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) deixou de ser considerado apenas como cultura de subsistência e passou a ser cultivado no inverno, por médios e grandes produtores que adotam tecnologias avançadas, inclusive a irrigação por aspersão (YOKOYAMA et al., 1996). Nessa época de cultivo, além da maior produtividade, é possível a colocação do feijão no mercado na entressafra, com menor ocorrência de pragas e doenças e menor incidência de plantas daninhas, o que torna a época interessante para a produção de sementes (Bragantini, 1996), e a cultura em uma das alternativas mais rentáveis para o cultivo irrigado no inverno.

Segundo Stone e Pereira (1994), dentre as culturas de inverno irrigadas por aspersão, a do feijão é a principal nas Regiões Sudeste, Centro-Oeste e algumas áreas da Região Nordeste. O cultivo na entressafra de verão, cuja semeadura ocorre de maio a junho, é mais tecnificado que os demais, utilizando, além da irrigação, outros insumos como sementes de boa qualidade, fertilizantes, corretivos e defensivos, que possibilitam a obtenção de produtividades três a cinco vezes superiores às obtidas em outras épocas de cultivo.

O feijão é um dos principais alimentos de consumo dos brasileiros, e em clima tropical essa cultura apresenta bom desenvolvimento. Os grãos são constituídos de proteína (23%), carboidrato complexo, fibras, algumas vitaminas e minerais (CAMPOS-VEGA et al., 2013). Diante da importância social e econômica da cultura do feijoeiro, o alcance de altos níveis de produtividade torna-se fundamentalmente importante (BINOTTI et al., 2009).

A disponibilidade de nutrientes influi na formação do embrião e dos órgãos de reserva, assim como na composição química da semente, e dessa forma terá, conseqüentemente, efeitos sobre o vigor e a qualidade da semente (SÁ, 1994). No caso dos micronutrientes, que são requeridos em pequenas quantidades, pode-se satisfazer facilmente as necessidades da planta, por meio de pulverizações com pequenas quantidades de micronutrientes. Pois, a deficiência de um micronutriente

nas plantas pode desorganizar os processos metabólicos e causar a deficiência de um macronutriente (EMBRAPA, 1996).

Na cultura do feijão, a produtividade de grãos é altamente correlacionada com os componentes da produção: número de vagens por planta, número de grãos por planta e massa de grãos (COSTA; ZIMMERMANN, 1988). Dependendo das condições, alguns componentes da produção podem aumentar e outros diminuir, facilitando a manutenção da estabilidade produtiva (CASQUERO et al., 2006). Os três principais caracteres que compõem o rendimento final na cultura do feijão são: número de vagens por unidade de área, número de grãos por vagem e massa dos grãos.

Muitos fatores afetam a qualidade das sementes, destacando-se, dentre eles: origem da semente, adubação, condições climáticas na fase de maturação e colheita, tipo de colheita, secagem, condições de armazenamento, tratamento químico das sementes, sanidade do campo de produção, entre outros. Dessa forma, a produção de sementes de alta qualidade exige uma atenção rigorosa do agricultor, e qualquer problema que não seja controlado pode prejudicar um trabalho tão importante e laborioso (SÁ, 1994).

Assim, o trabalho teve como objetivo avaliar a influência do uso de *Bacillus subtilis* e da aplicação foliar de doses de Cobalto e Molibdênio na produtividade e na qualidade fisiológica de sementes do feijoeiro-comum cultivado na safra de outono-inverno.

2 REVISÃO LITERATURA

2.1 CULTURA DO FEIJÃO-COMUM (*Phaseolus vulgaris*, L.)

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) é uma das principais culturas produzidas no Brasil e no mundo. Além de sua importância econômica, o feijão possui relevância na culinária de vários países, também sendo um indispensável fator de segurança alimentar e nutricional. Deste modo, o feijoeiro-comum é fundamental especialmente para as classes mais carentes da população, representando um dos pilares da dieta brasileira, sendo historicamente um dos principais alimentos consumidos no Brasil (BARBOSA, 2012).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de feijão, atrás somente de Mianmar e Índia (FAOSTAT, 2021). A cultura é uma excelente alternativa para utilização em pequenas propriedades, devidas suas características agrônômicas, técnicas e culturais. Também é importante como sucessão de cultura ao longo do ano, por apresentar um período relativamente curto de cultivo, com ciclo de produção próximo aos 90 dias (BARBOSA, 2012). Porém, a produção de feijão é afetada por diversos fatores, como riscos ambientais, bioestresse e políticas governamentais dos países. A cultura também está sujeita a várias doenças, principalmente sob altas temperaturas e excesso de umidade.

No Brasil o plantio do feijão é realizado ao longo do ano, dividindo-se em três safras. A 1ª safra ou “safra das águas”, a 2ª safra ou “safra da seca” e a 3ª safra, também conhecida como “safra de outono-inverno”. Portanto, todos os meses há produção de feijão pelas regiões brasileiras, devido ao clima diverso do país, as características da cultura e suas diferentes formas de cultivo, o que contribui para a manutenção do abastecimento interno e para redução da oscilação dos preços.

Fora das duas épocas tradicionais de semeadura de feijão (1ª e 2ª safra), é comum cultivar a leguminosa nos meses mais frios do ano, safra de outono-inverno, para obtenção de sementes saudáveis, pois neste período a incidência de doenças e pragas é menor. Então a 3ª safra surgiu como alternativa de aproveitamento de áreas propícias a irrigação e, com a produção oriunda manter os preços do produto mais estável, sem grande flutuação devido a entressafra e ter sempre produto de boa qualidade, tendo em vista que o feijão envelhece muito rapidamente perdendo a qualidade culinária. Vantagem, também de

produção de sementes numa época de clima mais ameno, menos afetado por doenças e pragas. Além dos fatores umidade do solo controlada via irrigação e temperaturas amenas resultam em produtividades que ultrapassam os 2000 Kg ha⁻¹ podendo alcançar os 3.000 Kg ha⁻¹ ou às vezes mais.

A produtividade do feijoeiro, ainda que muito oscilante entre as regiões brasileiras, está em crescente aumento nos últimos anos, destacando-se com as maiores produções os estados da região Central-Brasileira. Nesta região, a safra de outono-inverno tem presença marcante e, a utilização de irrigação e tecnologias adequadas, atingem produtividades mais elevadas. O feijão é cultivado por uma ampla parcela de pequenos produtores em todo território nacional, garantindo emprego a milhares de pessoas. Em contrapartida, também há boa estrutura de produção em escala comercial e infraestrutura eficiente de produção e distribuição de agroquímicos e máquinas para a produção e a colheita (BARBOSA, 2012).

2.2 USO DE *BACILLUS SUBTILIS* NA AGRICULTURA

As bactérias do gênero *Bacillus* tem ocorrência cosmopolita, sendo encontradas em todas as partes do mundo, em diversos meios. E são as mais utilizadas no controle biológico. O *Bacillus subtilis* é encontrado principalmente no solo e na rizosfera, o que possibilita garantir proteção contra os inúmeros agentes causadores de doenças em plantas (MONNERAT et al., 2020).

A espécie *Bacillus subtilis* tem um grande potencial como biocontrole devido a múltiplos mecanismos, entre eles a antibiose (LANNA FILHO et al., 2010). Logo, o interesse principal nessa espécie bacteriana fundamenta-se na sua produção abundante de metabólitos secundários, sendo assim, utilizada em âmbito agrícola e medicinal. Essa bactéria ainda tem a capacidade de produzir biofilmes, proporcionando uma colonização preventiva e benéfica as raízes de diversas espécies vegetais (MONNERAT et al., 2020).

Os benefícios da aplicação do *B. subtilis* junto às sementes ou ao solo, não se dá somente pelo antagonismo proporcionado aos patógenos. Pois, esta bactéria também possui capacidade de produzir substâncias promotoras de crescimento e de melhorar a nutrição das plantas pelo processo de solubilização do fósforo, influenciando de forma positiva na germinação, no desenvolvimento e no rendimento das culturas (GAIND & GAUR, 1991; SRINIVASAN et al., 1996; LUZ, 2001).

Além disso, efeito benéfico em relação a nodulação em plantas leguminosas já foram observados por Gaind & Gaur (1991), tornando esse organismo um importante agente de controle biológico. Desse modo, produtos para o biocontrole de doenças de plantas contendo *B. subtilis* têm sido utilizados nos últimos anos no tratamento de sementes e via foliar em várias culturas.

2.3 ADUBAÇÃO FOLIAR DE COBALTO E MOLIBDÊNIO

Via de regra, os solos brasileiros são pobres em cobalto e molibdênio, principalmente os solos ácidos explorados há muito tempo para produção agrícola, em que os teores dos nutrientes diminuem devido à exportação pelas colheitas. Embora existam resultados de pesquisa que apontem falta de resposta à suplementação desses micronutrientes em algumas condições de solos ricos em matéria orgânica e pH acima de 5,2, em outras pode haver aumento de produtividade (DALL'AGNOL et al., 2021).

O cobalto é um elemento químico necessário para a síntese da cobalamina (Vitamina B12), que participa dos passos metabólicos para a formação da leghemoglobina, cuja afinidade com o oxigênio é elevada, e regula sua concentração nos nódulos impedindo a inativação da enzima nitrogenase (FAVARIN e MARINI, 2000). Além disso, o íon cobalto (Co^{2+}) inibe a biossíntese do etileno, que está envolvido na germinação de sementes, maturação dos frutos, nodulação nas raízes, senescência da folha e da flor (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Segundo Malavolta (1980), o molibdênio é o micronutriente em menor abundância no solo e na planta, porém é de extrema importância para o metabolismo vegetal. Os íons molibdênio (Mo^{+4} até Mo^{+6}) são co-fatores de várias enzimas, incluindo a nitrato redutase e a nitrogenase (TAIZ & ZEIGER, 2004). Também está intimamente relacionado com o transporte de elétrons durante as reações bioquímicas nas plantas (LANTMANN, 2002).

O molibdênio e o cobalto estão relacionados com o processo de fixação do N atmosférico promovido pelas bactérias, e são elementos importantes nesse processo. Uma vez que, o molibdênio faz parte da enzima nitrogenase, responsável pelo processo de FBN e da leghemoglobina, determinante da atividade dos nódulos. Então pensando na otimização do processo de fixação biológica de nitrogênio, uma importante estratégia é o enriquecimento das sementes com molibdênio. Já o cobalto

participa da vitamina B12, necessária à síntese de leghemoglobina. Esta proteína regula a concentração de oxigênio nos nódulos impedindo a inativação da enzima nitrogenase. Logo, nas plantas com deficiência de Co, a diminuição da síntese de vitamina B12 reduz a FBN, o que pode causar deficiência de N nas plantas (MENCALHA, 2017).

A eficiência da aplicação direta do Co e Mo no solo é baixa devido à sua adsorção à matéria orgânica e aos óxidos de ferro e de alumínio (KARIMIAN & COX, citado por CAMPO LANTMANN, 1998). Por outro lado, a aplicação dos mesmos via tratamento de sementes pode “sobrecarregar” a semente no processo de tratamento, que já recebe inoculante, fungicida e inseticida (CAMPO & HUNGRIA, 2000). No entanto, as pesquisas têm demonstrado que a aplicação conjunta, via foliar, destes dois micronutrientes (Mo e Co), além de promover o aumento da fixação biológica do nitrogênio, podendo vir a aumentar a produtividade da soja (WINKLER et al., 2005).

Com relação à aplicação do Mo via foliar, Vidor & Peres (1988) citaram que há rápida absorção do nutriente pelas plantas, sem haver perdas por fixação, que ocorre quando se faz aplicação diretamente no solo. Assim, a adubação foliar é a forma mais eficiente de suprir as plantas de Mo (Jacob Neto & Rosseto, 1998). Para Ascoli et al. (2007) além do molibdênio aumentar a produtividade do feijoeiro, promove a obtenção de sementes que darão origem plântulas com maior desenvolvimento inicial.

2.4 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO

A fixação de nitrogênio é realizada por uma bactéria específica, o rizóbio. Na ocasião do plantio, colocam-se as sementes em contato com a bactéria, em um processo chamado inoculação. Feito isso, a bactéria aguarda a germinação e penetra nas raízes do feijoeiro, onde desenvolve nódulos e neles se aloja, vivendo os dois organismos em harmonia. Nessa forma de vida em parceria, chamada simbiose, a bactéria encontra o ambiente ideal para sua existência, alimentando-se a partir de substâncias fornecidas pelo vegetal hospedeiro, sem provocar danos, e realiza a fixação do nitrogênio, favorecendo a planta em seu desenvolvimento e produção (OLIVEIRA, 2014).

Para o homem do campo, essa tecnologia faz muita diferença, pois é uma alternativa aos fertilizantes nitrogenados, uma vez que é impossível eliminar o suprimento de nitrogênio para as plantas, pois esse elemento está ligado ao

crescimento das estruturas vegetais, à capacidade de formação de grãos e à produção rentável. Adicionalmente, com a substituição ou diminuição da adubação nitrogenada, outras situações de risco ao ambiente são reduzidas. Além da emissão de óxido nitroso pelo solo, pode ocorrer a lixiviação, que é lavagem do perfil do solo por percolação ou escoamento superficial da água de chuva ou irrigação e que pode resultar no acúmulo de formas nitrogenadas, particularmente nitrato, nas águas de rios, lagos e aquíferos subterrâneos.

Também cabe mencionar que a fixação biológica do nitrogênio é uma tecnologia democrática, amplamente aplicável e benéfica para pequenos ou grandes agricultores, com baixo ou alto nível de adoção de tecnologia e que em leguminosas é um processo chave para a sustentabilidade agrícola devido ao seu reduzido impacto no ambiente, em relação à utilização de fertilizantes nitrogenados, que são produzidos por meio da síntese química da amônia, gerando grandes quantidades de CO₂, que é um gás de efeito estufa.

2.5 PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS: CLOROFILA A, CLOROFILA B, CAROTENÓIDES E FEOFITINAS.

As clorofilas A e B, os carotenoides e as ficobilinas são os pigmentos que compõem o processo de fotossíntese. As clorofilas ocorrem nos cloroplastos das folhas, além de outros tecidos vegetais e são os pigmentos naturais presentes nas plantas em maiores quantidades. Logo, estudos em uma diversidade de espécies de plantas indicam que os pigmentos clorofilianos são os mesmos, e as diferenças expressas na cor do vegetal ocorrem devida a variação na presença de outros pigmentos associados, como os carotenoides, que sempre acompanham as clorofilas (VON ELBE, 2000). Nos dias atuais, esses pigmentos apresentam grande importância comercial, também podendo ser utilizados como antioxidante.

A definição do teor de pigmentos foliares extraídos é um método importante de avaliação em estudo de fisiologia vegetal na determinação do material, na separação entre os tratamentos e na relação entre as plantas e os fatores ambientais (LAMBERS et al., 2008). As clorofilas têm participação ativa no processo de fotossíntese, com a função de converter a radiação luminosa em energia, sobre a forma de ATP e NADPH, possibilitando o uso dos teores de clorofila nas folhas para avaliação do potencial fotossintético das plantas. Em vista disso, o efeito negativo da deficiência de nitrogênio

e magnésio em relação a taxa fotossintética da planta pode ter ligação com a redução nesses teores (Cruz et al., 2007; Rego & Possami, 2006; Taiz et al., 2017).

A clorofila a é encontrada nos organismos que fazem fotossíntese oxigênica. É o pigmento usado na realização da fotoquímica (o primeiro estágio do processo fotossintético), já os outros pigmentos atuam na absorção de luz e na transferência da energia radiante para os centros da reação, deste modo nomeados como pigmentos acessórios. Assim, outros tipos de clorofilas são alguns dos principais pigmentos acessórios existentes, como, a clorofila b, que está nos vegetais superiores, nas algas verdes e em bactérias. A clorofila c, presente em feofitas e diatomáceas, e a Clorofila d, encontrada em algas vermelhas (TAIZ & ZEIGER, 2004).

A clorofila b é sintetizada por meio da oxidação do grupo metil da clorofila a, para um grupo aldeído. Mas, diversos estudos estão sendo realizados para esclarecer a biossíntese da clorofila b, porém as rotas para a sua formação ou das proteínas envolvidas não foram esclarecidas ainda (TANAKA et al., 1998). Além disso, a clorofila b é convertida em clorofila a pôr uma enzima denominada clorofila a oxigenase, que catalisa a conversão do grupo metil ao grupo aldeído (XU et al., 2001).

Os carotenoides são pigmentos acessórios responsáveis pela captura e transferência de energia luminosa para a clorofila a. São encontrados em plantas, algas e cianobactérias. São solúveis em lipídios (lipossolúveis) e sua principal função é como antioxidante, prevenindo o estresse oxidativo gerado pelo excesso de luz absorvida pela clorofila. Esses pigmentos acessórios possuem grupos, como os carotenos, as xantofilas e os betacarotenos, que é precursor da vitamina A, uma fonte essencial para os animais, incluindo os seres humanos (DA SILVA, sem data).

A classe das feofitinas é originada a partir da clorofila. Na estrutura básica das clorofilas, o anel porfirínico apresenta um átomo de magnésio quelatado. A formação das feofitinas ocorre pelo processo de dequelatação, onde agora dois dos átomos de nitrogênio do anel porfirínico formam ligação com átomos de hidrogênio (DOS SANTOS, 2017). Essa substituição do magnésio do centro da molécula de clorofila por hidrogênio, é denominada como feofitização. Portanto, o desaparecimento da cor durante o armazenamento sob congelamento é associado ao desvanecimento da cor verde da clorofila a, para uma marrom azeitona, caracterizando a presença de feofitina (HEATON et al., 1996). Então, a feofitinização é considerada o mecanismo mais importante de destruição de clorofila durante o processamento de alimentos, por

apresentar taxas mais elevadas que levam a sua reação, que outras vias de degradação da clorofila.

2.6 QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES E TESTES DE VIGOR

O uso de sementes de qualidade é um componente essencial para o bom desempenho das culturas, considerando que transporta todo o potencial genético do cultivar e é responsável pela perfeita distribuição espacial das plantas no terreno, e todas essas considerações justificam a importância do estudo e avaliação das sementes (GUIMARÃES et al., 2006). Dessa forma, o uso de sementes de qualidade é um elemento chave para o sucesso dos cultivos do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Por ser uma forma de evitar ou reduzir problemas diversos de importância para a cultura, facilita a obtenção do potencial produtivo do cultivar e a redução de custos de produção. Por sementes de qualidade entendem-se sementes de alta germinação e vigor, com alta pureza genética e física. E todas estas características, presentes em um lote de sementes podem ser analisadas por vários testes, seguindo normas rígidas de avaliação (JUNIOR et. al, 2013).

A qualidade fisiológica refere-se à capacidade potencial da semente em gerar uma nova planta, perfeita e vigorosa, sob condições favoráveis. Esta pode ser verificada pela avaliação do poder germinativo, definido pelo percentual de sementes germinadas, ou seja, sua viabilidade e também pelo vigor. Este último é caracterizado como sendo a soma das propriedades que determinam o nível potencial de atividade e desempenho de uma semente ou de um lote de sementes durante a germinação e a emergência da plântula. Assim, o vigor reflete a manifestação de um conjunto de características que determina o potencial para a emergência rápida e uniforme de plântulas expostas às mais variadas situações do ambiente (MARCOS FILHO, 2005). Em adição, os testes de vigor buscam obter respostas complementares às fornecidas pelo teste de germinação, possibilitando a obtenção de informações consistentes (OHLSON et al., 2010).

A germinação de sementes em teste de laboratório consiste na emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão para produzir uma planta normal sob condições favoráveis de campo. Neste teste, pode-se determinar o vigor através da primeira contagem do teste de germinação (cinco dias após o início do ensaio), com base no princípio de que as amostras que

apresentam maior porcentagem de plântulas normais são as mais vigorosas (JUNIOR et. al, 2013). Portanto, a qualidade fisiológica da semente é avaliada rotineiramente pelo teste de germinação que, conduzido sob condições ótimas de ambiente, fornece o potencial máximo de germinação, estabelecendo o limite para o desempenho do lote após a sua semeadura (Brasil, 2009).

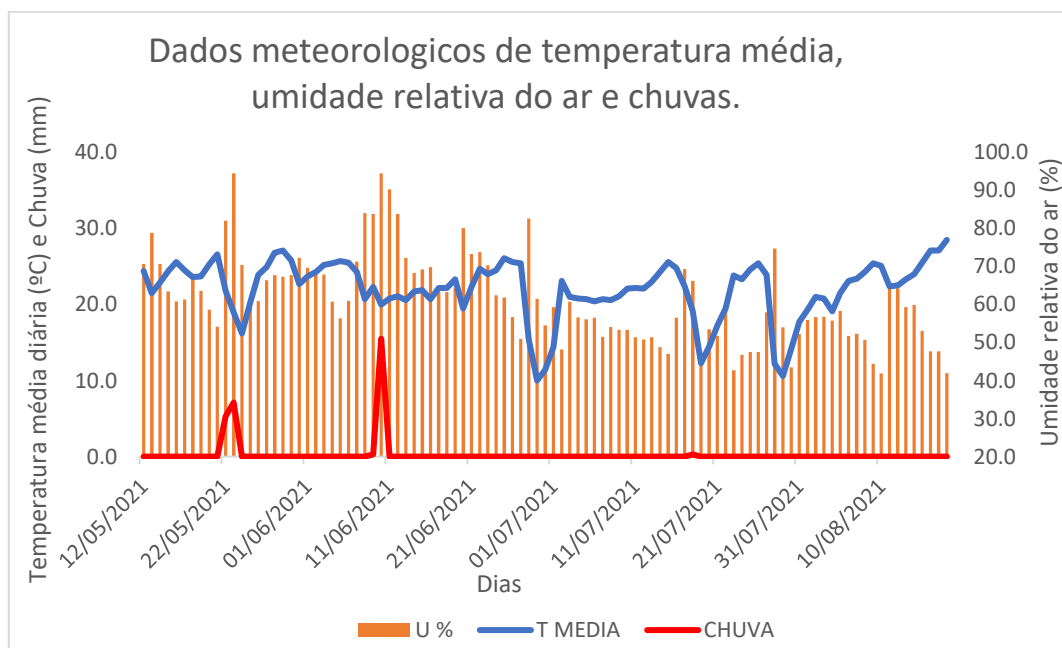
O teste de envelhecimento acelerado de sementes é outro método utilizado para avaliar o vigor das sementes. Ao mesmo tempo em que identifica pequenas diferenças de vigor, pode estimar o potencial de armazenamento dos lotes. A sua utilização sob condições de altas temperaturas (42 °C) e alta umidade relativa do ar ocasiona a deterioração das sementes e, conseqüentemente, o aparecimento de anormalidades ou morte das plântulas no processo de germinação. Assim, as diferenças entre vigor de sementes após o envelhecimento acelerado podem ser utilizadas para monitoramento das mesmas cultivares em condições normais de armazenamento, após a colheita. É desejável que no período entre a colheita, o beneficiamento e o plantio sejam mantidas as qualidades fisiológica e sanitária das mesmas, para formação de estande adequado, desenvolvimento normal e tolerância a estresses bióticos e abióticos (JUNIOR et. al, 2013).

O teste de condutividade elétrica baseia-se na exsudação de íons, açúcares e metabólitos das sementes ao serem embebidas em água, principalmente no início do período de embebição, visando a alteração da integridade das membranas celulares. Porém, ao passar o tempo de embebição, as estruturas das sementes são reorganizadas, voltando a configuração estável. Esse mecanismo ou velocidade de reorganização está ausente ou é ineficiente em sementes deterioradas (BEWLEY e BLACK, 1994), ocasionando uma maior lixiviação dos eletrólitos. Fundamentado na integridade dos sistemas de membranas, o teste de condutividade elétrica é de ampla importância na determinação de vigor de sementes, em virtude de possibilitar que o processo de deterioração seja detectado em sua etapa inicial, permitindo que os efeitos na qualidade fisiológica das sementes sejam reduzidos ou minimizados (DIAS e MARCOS FILHO, 1995).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP), localizada em Selvíria - MS, com as coordenadas de latitude 20°21'00" e longitude 51°24'24", altitude média de 327 m, clima Aw, segundo o sistema Köppen, com precipitação média anual em torno de 1300mm. Os dados de temperatura média anual são de 23,5°C e a umidade relativa do ar entre 60% e 80%. O solo da área experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO ESCURO Distrófico típico, textura argilosa, segundo a Embrapa (2013).

Figura 1. Dados de temperatura média, umidade relativa do ar e chuvas registradas no período de realização do experimento. Selvíria – MS, Brasil, 2021.



Fonte: Própria autora.

Tabela 1. Dados apresentados pela análise química do solo da área experimental.
Selvória – MS, Brasil, 2021.

P-resina	MO	pH	K	Ca	Mg	H+AL	Al	SB	S-SO ₄
mg/dm ³	g/dm ³	CACL ₂	mmolc/dm ³	mmolc/dm ³	mmolc/dm ³	mmolc/dm ³	mmolc/dm ³	mmolc/dm ³	mg/dm ³
45	24	4,5	5,0	26	17	52	3	48,0	7

CTC	V	Ca/CTC	Mg/CTC	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn
mmolc/dm ³	%	%	%	%	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³
100,0	48	26	17	6	0,17	3,6	125	41,7	3,0

Fonte: Própria autora.

O feijão utilizado foi do tipo carioca e o cultivar utilizado foi o IAC 1850, com a distribuição de 13 sementes por metro e espaçamento entrelinhas de 0,45m. Os produtos utilizados foram, o bioestimulante SERENADE, produzido a base de *Bacillus subtilis* linhagem QST 713 (13,68 g L⁻¹), com aplicação da sua dose comercial (2,0 L ha⁻¹) e, o Co-Mo P10, que possui na formulação 0,8% de Cobalto, 8 % de Molibdênio e 10% de P₂O₅, e foi testado em doses (0,0 L ha⁻¹, 0,5 L ha⁻¹, 1,0 L ha⁻¹, 2,0 L ha⁻¹ e 3,0 L ha⁻¹). Todos os tratamentos foram aplicados no mesmo estágio do ciclo da cultura, aos 21 dias após a semeadura.

A condução da cultura foi realizada na terceira safra (outono/inverno), com a semeadura realizada no dia 12/05/2021 em sistema plantio direto, sob palhada de milho. Na semeadura, as sementes foram tratadas com Carboxina e tiram (200 g L⁻¹) e realizou-se uma adubação de 200 Kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16 com adubo NPK. Também foi feita adubação de cobertura com 110kg de uréia (50kg de N), no estágio V-4 da cultura. Foi utilizada irrigação por meio de canhão autopropelido, com aplicação de lâmina de água de 15 mm a cada 3 dias. Para o controle de planta daninhas, pragas e doenças foram feitos de forma preventiva aplicações de fungicidas e inseticidas, respeitando o recomendado para a cultura.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com dez tratamentos e quatro blocos, totalizando 40 parcelas disposto em um esquema fatorial 2X5 com aplicação ou não de *Bacillus subtilis* (SERENADE) e 5 doses de Cobalto e Molibdênio (Co-Mo P10).

Os tratamentos foram, 1-) Aplicação de *Bacillus subtilis* e Ausência de Co-Mo; 2-) Aplicação de *Bacillus subtilis* e dose de 0,5 L ha⁻¹ de Co-Mo; 3-) Aplicação de *Bacillus subtilis* e dose de 1,0 L ha⁻¹ de Co-Mo; 4-) Aplicação de *Bacillus subtilis* e dose

de 2,0 L ha⁻¹ de Co-Mo; 5-) Aplicação de *Bacillus subtilis* e dose de 3,0 L ha⁻¹ de Co-Mo; 6-) Testemunha (Ausência de aplicação); 7-) Ausência de *Bacillus subtilis* e dose de 0,5 L ha⁻¹ de Co-Mo; 8-) Ausência de *Bacillus subtilis* e dose de 1,0 L ha⁻¹ de Co-Mo; 9-) Ausência de *Bacillus subtilis* e dose de 2,0 L ha⁻¹ de Co-Mo; 10-) Ausência de *Bacillus subtilis* e dose de 3,0 L ha⁻¹ de Co-Mo.

As parcelas experimentais foram constituídas por seis linhas de 5 metros de comprimento e 2,7 metros de largura, totalizando 13,5m². Sendo utilizado como parcela útil as duas linhas centrais excluindo 0,5 m das extremidades.

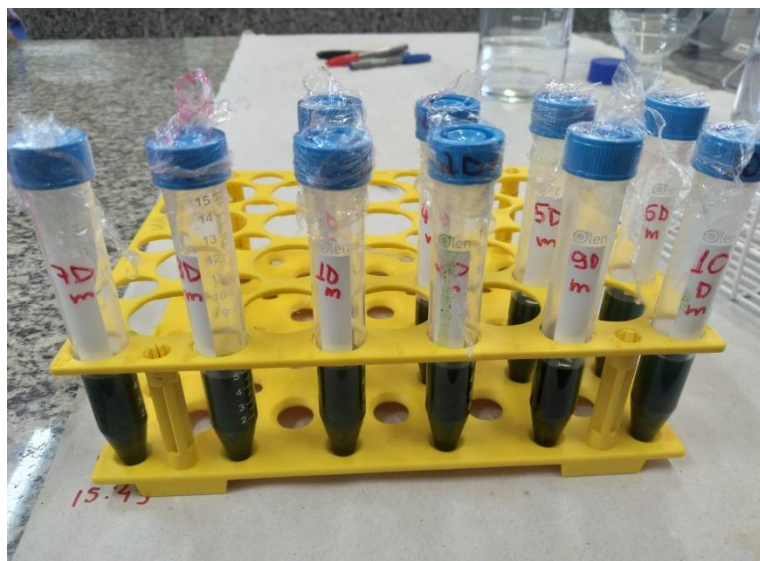
Avaliações foram realizadas 21 dias após a aplicação dos produtos. Para a análise nutricional de macro e micronutrientes foram coletadas 5 folhas de cada parcela útil, secadas em estufas a 65°C e encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solo e Tecido Vegetal do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia (DFTASE), campus II – UNESP. As metodologias utilizadas foram Semi-micro Kjeldahl (Nitrogênio), Colorimetria do metavanadato (Fósforo), Fotometria de chama de emissão (Potássio), Espectrometria de absorção atômica (Cálcio, Magnésio, Cobre, Ferro, Manganês e Zinco), Turbidimetria do sulfato de bário (Enxofre). Também foi feita a extração de clorofila, carotenoides e feofitina, por meio da extração de 0,5 gramas de matéria fresca das folhas em 5 mL de acetona 80%, seguindo a metodologia de LICHTENTHALER, H. K. (1987).

Figura 2. Pesagem da matéria fresca das folhas de feijão coletadas para as avaliações. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.



Fonte: Própria autora.

Figura 3. Amostras preparadas para a extração dos pigmentos em folhas de feijão. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.



Fonte: Própria autora.

Antes da colheita das parcelas coletou-se 5 plantas e mediu, altura das plantas (cm), altura da inserção da primeira vagem (cm), número de vagens cheias, número de vagens chochas, número de sementes por vagem, número de sementes por planta e peso de Cem sementes (g). Para a produtividade, foram colhidas duas linhas centrais manualmente, as quais após secas em terreiro foram trilhadas manualmente e posteriormente limpas para determinação da umidade (%) e peso das sementes (g), depois ocorreu a correção da umidade para 13% para obtenção dos dados de produtividade (Kg ha^{-1}).

Após a colheita, as sementes foram trilhadas manualmente e levadas para o Laboratório de Análise de Sementes, do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia (DFTASE), campus II – UNESP, onde foram analisadas quanto a germinação, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado, além do peso seco, e do comprimento de raiz e da parte aérea de plântulas.

Teste de Germinação: Foram separadas 4 repetições contendo 50 sementes do respectivo tratamento. As sementes foram distribuídas de forma equidistante sobre o papel germitest previamente umedecidos com água deionizada e assim feito o rolo, alocados em sacos plásticos e levados ao germinador com temperatura de 25°C . Depois foi realizada a contagem de plântulas germinadas, aos 5 dias, também foram medidos o comprimento de raiz e da parte aérea, e posteriormente obtido o peso seco das plântulas. Os cálculos de germinação seguiram a fórmula:

$$\% \text{ Germinação} = \frac{P_n}{N} \times 100$$

Onde:

P_n = plântulas normais.

N = número total de sementes colocadas para germinar.

Figura 4. Germinação das plântulas de feijão após 5 dias no germinador. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.



Fonte: Própria autora.

Condutividade Elétrica: Foram separadas 4 repetições contendo 25 sementes do respectivo tratamento. As sementes foram colocadas em copos descartáveis de 200 ml e acrescentadas 75 ml de água deionizada, depois de 24 horas foram realizadas as leituras das amostras, com o aparelho condutivímetro e depois realizado o cálculo, com a fórmula:

$$CE (\mu S. cm^{-1}. g^{-1}) = \frac{L - B}{P}$$

Onde:

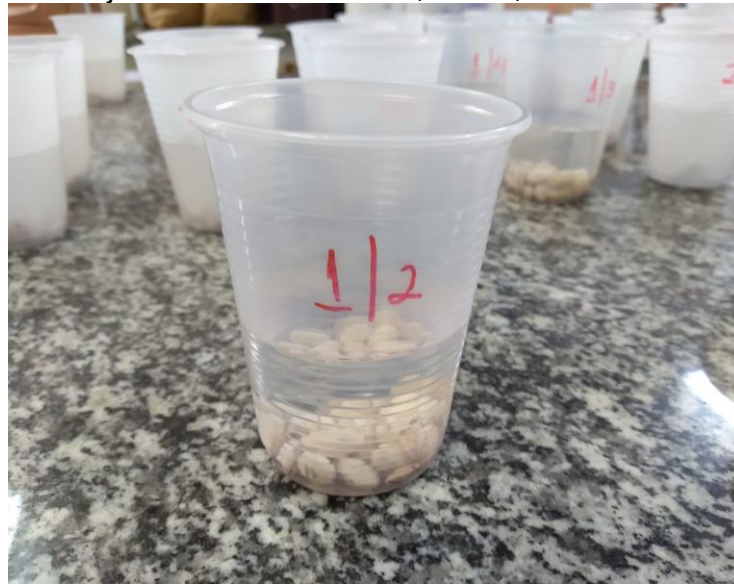
CE = condutividade elétrica.

L = leitura da amostra no condutivímetro.

B = leitura do “branco”, água deionizada.

P = peso da amostra em gramas.

Figura 5. Amostra preparada para a leitura da condutividade elétrica em sementes de feijão. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.



Fonte: Própria autora.

Envelhecimento Acelerado: Foram separadas 200 sementes do respectivo tratamento e colocadas sobre a tela de aço do gerbox e adicionadas a caixa do gerbox contendo 40 mL de água deionizada. Depois levadas para a incubadora BOD, devidamente regulada na temperatura a 41°C por 72 horas, seguindo recomendações (BRASIL, 2009). Passado o período, foi montado o teste de germinação, também com 4 repetições de 50 sementes em rolos, em que foram seguidos os passos descritos acima, sobre o teste. Após as contagens, foram realizados cálculos seguindo a fórmula:

$$\% \text{ Germinação} = \frac{P_n}{N} \times 100$$

Onde:

P_n = plântulas normais.

N = número de sementes colocadas para germinar.

Figura 6. Caixa Gerbox com sementes de feijão que irão para a BOD por 72 horas a 41°C, passar pelo processo de envelhecimento. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.



Fonte: Própria autora.

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de Tukey referente a aplicação ou não de *Bacillus subtilis* e Regressão para comparação das diferentes doses do produto aplicadas e por meio do software SISVAR (2008) foram obtidos os resultados das análises de variância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados das análises dos macronutrientes podem ser observados na Tabela 2, onde podem ser verificados os valores em relação a aplicação de Cobalto e Molibdênio na presença e ausência da aplicação de *Bacillus subtilis*.

Tabela 2. Valores médios da análise nutricional dos macronutrientes: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), em folhas de feijão em função do uso de *Bacillus subtilis* e da aplicação de diferentes doses de Cobalto mais Molibdênio. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.

	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
BACILLUS						
SIM	54,48 a	1,39 b	38,20 a	19,71 a	7,62 b	4,78 b
NÃO	51,17 a	1,62 a	38,05 a	20,62 a	7,77 a	5,20 a
DOSE (L/ha⁻¹)						
0,0	52,51	1,28	37,55	19,85	7,61	4,65
0,5	50,45	1,48	36,44	20,04	7,76	4,77
1,0	51,62	1,50	38,58	21,74	7,68	4,90
2,0	54,35	1,65	39,12	19,09	7,70	5,36
3,0	55,21	1,62	38,91	20,12	7,72	5,29
F. Bacillus	3,97*	7,58**	0,04 ^{NS}	1,64*	6,18**	6,15**
F. Dose	1,10*	2,41*	1,98*	1,51*	0,67 ^{NS}	2,86*
F. Bacillus*Dose	0,25 ^{NS}	1,53*	0,54 ^{NS}	0,45 ^{NS}	0,72 ^{NS}	3,72*
CV (%)	9,95	17,83	5,88	11,07	2,59	10,62

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Teste F: (*) significativo à 0,05%, (**) significativo à 0,01% e (NS) não significativo à 5%. CV – Coeficiente de variação. Fonte: Própria autora.

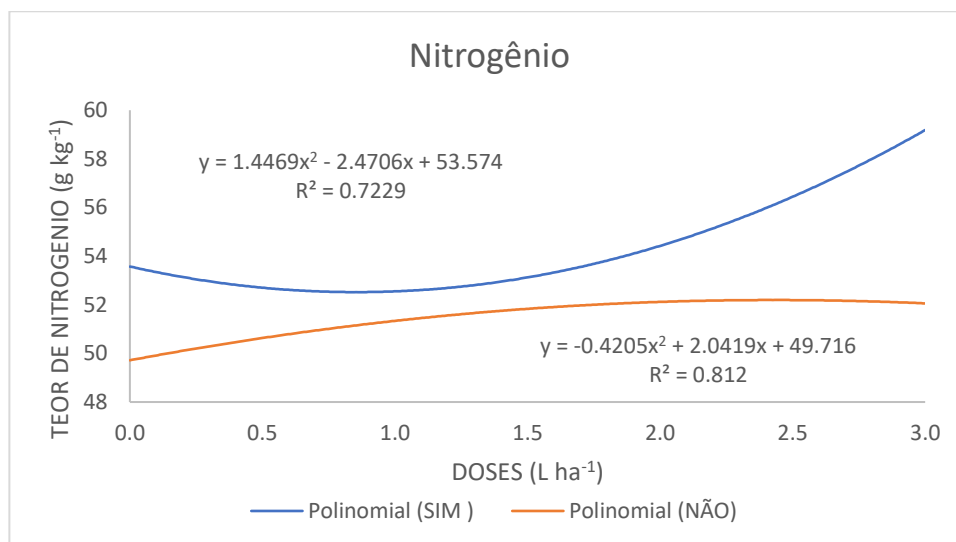
Para os nutrientes N, K e Ca o uso do produto a base de *Bacillus subtilis* não apresentou diferença significativa comparado a média registrada na ausência do produto. Mas mesmo sem significância vale ressaltar o aumento de mais de 6% no teor de Nitrogênio nas folhas de feijoeiro com o uso de *Bacillus subtilis*. Neste sentido, Araújo (2008) observou aumento no teor de N nas folhas de plantas de milho inoculadas com *Bacillus subtilis* de aproximadamente 150% ao ser comparado com a testemunha. Assim como Diaz (2018) obteve teor de N da parte aérea das plantas significativamente superior ao tratamento controle, ao testar diferentes isolados de *Bacillus* na cultura do algodão.

Para P, Mg e S houve significância na análise de variância, e nestes casos a ausência do *Bacillus subtilis* obteve teor médio superior dos nutrientes. Diferente do

observado por Araújo (2008) que constatou maior concentração de fósforo, nas folhas de algodão e milho cujas sementes foram inoculadas com *B. subtilis* (BSFO), quando comparada ao tratamento testemunha.

No caso da aplicação das doses de CO-MO, o teor de nitrogênio respondeu bem as maiores doses aplicadas (2,0 e 3,0 L ha⁻¹), sendo as maiores médias, superiores a testemunha. O fósforo apresentou todas as médias de doses superior ao obtido pela testemunha. As doses 1,0, 2,0 e 3,0 L ha⁻¹ foram as de maiores teores no caso do Potássio. O cálcio registrou médias das doses com valores próximos ao da testemunha, com destaque para a dose de 1,0 L ha⁻¹ que obteve maior média. O magnésio teve teores médios das doses superiores a testemunha, sendo a dose 0,5 L ha⁻¹ a de maior média. As doses de CO-MO se mostraram de forma crescente nos teores de Enxofre, de modo que todas superaram a testemunha e as maiores doses obtiveram os melhores teores médios. Para Tiritan (2007), não houve resposta significativa para os teores de nitrogênio, fósforo e magnésio. Esperava-se um pequeno ganho nos teores de nitrogênio, pois o Co e o Mo são elementos químicos essenciais para as bactérias, que se associam às raízes, agindo benéficamente, fixando o nitrogênio atmosférico, porém este ganho não foi observado. O que também foi observado por Castro et al. (1994), trabalhando com a cultura do feijão, a não verificação de diferenças significativas nos teores de N dos grãos, quando as sementes foram tratadas com Co e Mo.

Figura 7. Gráfico de regressão quadrática da interação entre uso de *Bacillus subtilis* e doses de Cobalto e Molibdênio para o teor de Nitrogênio em plantas de feijão cultivado no inverno. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.



Fonte: Própria autora.

Na figura 7 podem ser verificados os desdobramentos das interações em doses de CO-MO x *B. subtilis* com os dados se ajustando a regressões quadráticas para o teor de Nitrogênio nas folhas do feijoeiro. É possível observar que tanto para ausência quanto para presença de *Bacillus subtilis* as médias estavam ajustadas a equação. Sendo para a ausência de *B. subtilis* a dose ideal de CO-MO calculada em 2,43 L ha⁻¹, enquanto para o uso de *B. subtilis* na dose de 0,85 L ha⁻¹ de CO-MO foi registrado o ponto mínimo de teor de N.

Tabela 3. Valores médios da análise nutricional dos micronutrientes: Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), em folhas de feijão em função do uso de *Bacillus subtilis* e da aplicação de diferentes doses de Cobalto mais Molibdênio. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.

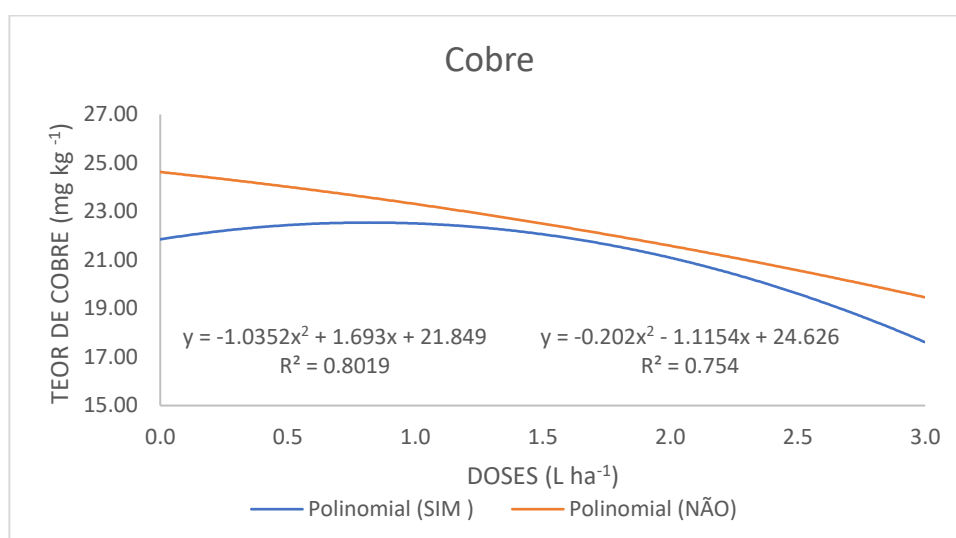
	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg kg ⁻¹			
BACILLUS				
SIM	21,10 a	1716,85 a	395,60 b	84,60 a
NÃO	22,60 a	1654,10 a	552,45 a	79,90 a
DOSE (L/ha⁻¹)				
0,0	23,63	1492,13	429,00	85,25
0,5	22,63	1954,13	502,75	81,50
1,0	22,88	1703,25	500,50	82,50
2,0	21,75	1343,88	460,88	79,75
3,0	18,38	1934,00	477,00	82,25
F. Bacillus	0,87 ^{NS}	0,14 ^{NS}	19,13 ^{**}	3,80 [*]
F. Dose	1,31 [*]	2,07 [*]	0,58 ^{NS}	0,55 ^{NS}
F. Bacillus*Dose	0,37 ^{NS}	0,88 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,63 ^{NS}
CV (%)	23,28	31,34	23,93	9,28

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Teste F: (*) significativo à 0,05%, (**) significativo à 0,01% e (NS) não significativo à 5%. CV – Coeficiente de variação. Fonte: Própria autora.

Os micronutrientes Fe e Zn apresentaram maiores teores médios com o uso de *Bacillus subtilis*, porém não houve diferença significativa registrada. Já o Cu mostrou maior teor acumulado na ausência do *Bacillus*, também sem significância, enquanto que para o Mn observou-se teor médio maior sem o uso do produto, diferindo significativamente pelo teste de Tukey. Canbolat et al. (2006) encontraram aumento na disponibilização de nutrientes pela inoculação de *Bacillus subtilis* em sementes de trigo e cevada, sugerindo que as estirpes de *Bacillus* utilizadas apresentaram potencial para o aumento do crescimento das plantas.

O uso de doses de CO-MO para os nutrientes Cobre e Zinco não demonstraram boa resposta, uma vez que para esses a testemunha teve média superior a todas as doses aplicadas. Para o Ferro as doses 0,5, 1,0 e 3,0 L ha⁻¹ proporcionaram teores superiores a testemunha. Marcondes e Caires (2005) observaram que os teores de nutrientes nas folhas de soja foram muito pouco influenciados pela aplicação de molibdênio nas sementes, mas a concentração foliar de ferro foi reduzida com a aplicação de molibdênio. No caso do manganês todas as doses superaram o valor médio da testemunha, destacando-se a dose 0,5 L ha⁻¹.

Figura 8. Gráfico de regressão quadrática da interação entre uso de *Bacillus subtilis* e doses de Cobalto e Molibdênio para o teor de Cobre em plantas de feijão cultivado no inverno. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.



Fonte: Própria autora.

Para os teores de cobre observados, também ocorreu ajuste nas equações de regressões quadráticas, que levam em conta a interação entre o uso de *Bacillus subtilis* e as doses de Cobalto e Molibdênio aplicados na cultura. De modo que a aplicação do *B. subtilis* apresentou uma dose ideal de 0,82 L ha⁻¹ de CO-MO e para a ausência de *Bacillus subtilis* uma dose de 2,76 L ha⁻¹.

Tabela 4. Valores médios da análise dos índices dos Pigmentos Fotossintéticos: Clorofila A (CLORO A), Clorofila B (CLORO B), Clorofila Total (CLORO TOTAL), Carotenóides (CAROTE), Feofitina A (FEO A), Feofitina B (FEO B) e Feofitina Total (FEO TOTAL), em folhas de feijão em função do uso de *Bacillus subtilis* e da aplicação de diferentes doses de Cobalto mais Molibdênio. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.

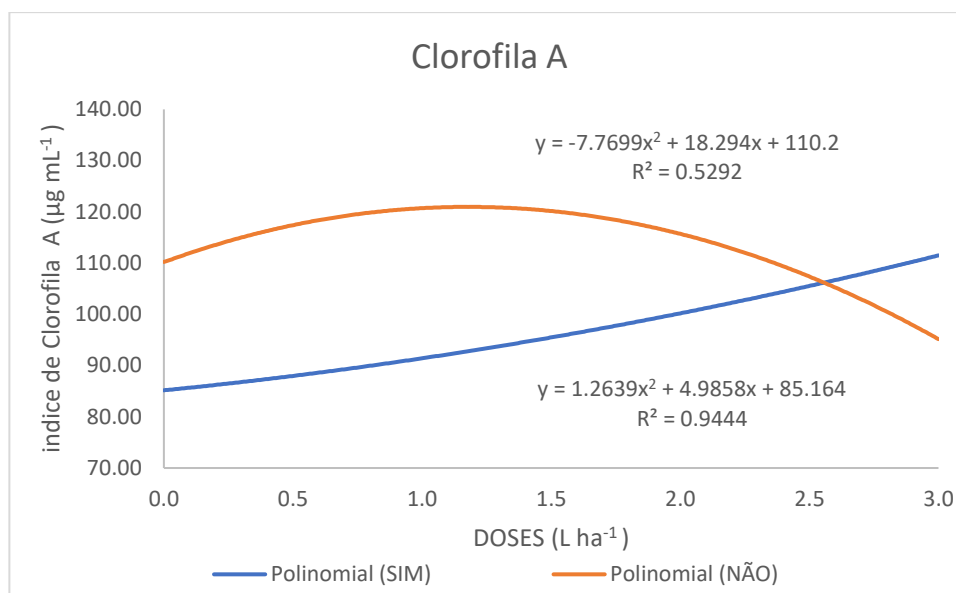
	CLORO A	CLORO B	CLORO TOTAL	CAROTE	FEO A	FEO B	FEO TOTAL
	$\mu\text{g ml}^{-1}$						
BACILLUS							
SIM	95,25 b	36,94 b	132,19 b	65,73 b	164,80 b	41,86 b	206,66 b
NÃO	111,84 a	48,49 a	160,33 a	77,18 a	192,56 a	58,36 a	250,92 a
DOSE (L ha⁻¹)							
0,0	93,97	35,79	129,76	61,68	162,66	40,23	202,89
0,5	108,68	50,04	158,72	77,15	186,71	60,90	247,60
1,0	105,99	42,00	147,99	69,39	183,04	48,54	231,58
2,0	104,29	39,87	144,15	71,85	180,52	46,23	226,76
3,0	104,80	45,87	150,67	77,21	180,47	54,66	235,13
F. Bacillus	12,34**	20,23**	15,36**	12,23**	11,77**	23,94**	15,49**
F. Dose	1,13*	3,65*	1,76*	3,09*	1,06*	4,44*	1,70*
F. Bacillus*Dose	4,89*	2,16*	3,59*	2,95*	5,13**	1,69*	3,57*
CV (%)	12,49	16,46	13,44	12,55	12,40	18,43	13,46

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Teste F: (*) significativo à 0,05%, (**) significativo à 0,01% e (NS) não significativo à 5%. CV – Coeficiente de variação. Fonte: Própria autora.

Para todas as variáveis analisadas na Tabela 4, a aplicação do produto a base de *Bacillus subtilis* não apresentou elevação nos índices médios dos pigmentos, de modo que a ausência do *Bacillus* obteve resultado superior, com diferença significativa para Tukey, entre as médias. Assim como Rosa (2018) que estudando o efeito de diferentes doses de estimulante a base de *Bacillus subtilis* observou diferença significativa nos índices de clorofila foliar obtidos.

Já as doses de CO-MO aplicadas registraram médias superiores as testemunhas em todos os pigmentos. E a dose de 0,5 L ha⁻¹ se destacou com os maiores índices observados em todos os pigmentos avaliados. No trabalho de Moraga (2018) é possível observar que a aplicação de CoMo (Cobalto e Molibdênio) via foliar não apresentou diferença significativa para a leitura da clorofila, sendo a resposta da testemunha semelhante estatisticamente aos das parcelas que tiveram aplicação de doses de CoMo com aplicação entre 50 L ha⁻¹ e 300 L ha⁻¹.

Figura 9. Gráfico de regressão quadrática da interação entre uso de *Bacillus subtilis* e doses de Cobalto e Molibdênio para o índice de Clorofila A em plantas de feijão cultivado no inverno. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.



Fonte: Própria autora.

O índice de clorofila A nas folhas apresentou equações ajustadas para regressão quadrática em relação a diferentes doses de Cobalto e Molibdênio e da ausência ou presença de *Bacillus subtilis* nas plantas. Para a ausência do produto a base de *B. subtilis* a dose ideal de CO-MO a ser aplicada é 1,18 L ha⁻¹, já para o uso do *B. subtilis* um ponto mínimo foi calculado na dose de 1,97 L ha⁻¹ do produto.

Tabela 5. Valores médios de altura de plantas (ALT), inserção da 1ª vagem (IPV), nº de vagens cheias (NVC), nº de vagens chochas (NVCho), nº de grãos por vagem (NGV), nº de grãos por planta (NGP), massa de 100 sementes (MCS) e produtividade à 13% de Umidade (PROD), em função do uso de *Bacillus subtilis* e da aplicação de diferentes doses de Cobalto mais Molibdênio. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.

	ALT (cm)	IPV	NVC	NVCho	NGV	NGP	MCS (g)	PROD kg ha ⁻¹
BACILLUS								
SIM	43,65 a	10,66 a	15,69 b	1,71 a	4,79 a	75,13 a	21,89 a	2774 a
NÃO	39,95 b	11,03 a	17,45 a	1,85 a	4,56 a	80,17 a	22,02 a	2273 b
DOSE (L ha⁻¹)								
0,0	43,95	11,25	17,35	2,88	4,79	83,05	22,10	2582
0,5	40,18	10,75	15,75	1,50	4,59	73,13	21,30	2611
1,0	42,15	11,08	18,20	1,38	4,74	86,38	21,57	2468
2,0	42,88	10,43	16,55	1,53	4,65	76,93	22,70	2549
3,0	39,85	10,73	15,00	1,63	4,62	68,78	22,10	2408
F. Bacillus	4,54*	2,78*	5,08**	0,06 ^{NS}	3,06*	1,48*	0,30 ^{NS}	16,26**
F. Dose	0,82 ^{NS}	1,69*	2,10*	0,91 ^{NS}	0,31 ^{NS}	2,38*	4,27*	1,35*
F. Bacillus*Dose	1,48*	0,54 ^{NS}	0,16 ^{NS}	0,37 ^{NS}	0,13 ^{NS}	0,12 ^{NS}	6,11**	0,99 ^{NS}
CV (%)	13,14	6,48	14,91	103,01	9,11	16,89	3,38	15,59

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Teste F: (*) significativo à 0,05%, (**) significativo à 0,01% e (NS) não significativo à 5%. CV – Coeficiente de variação. Fonte: Própria autora.

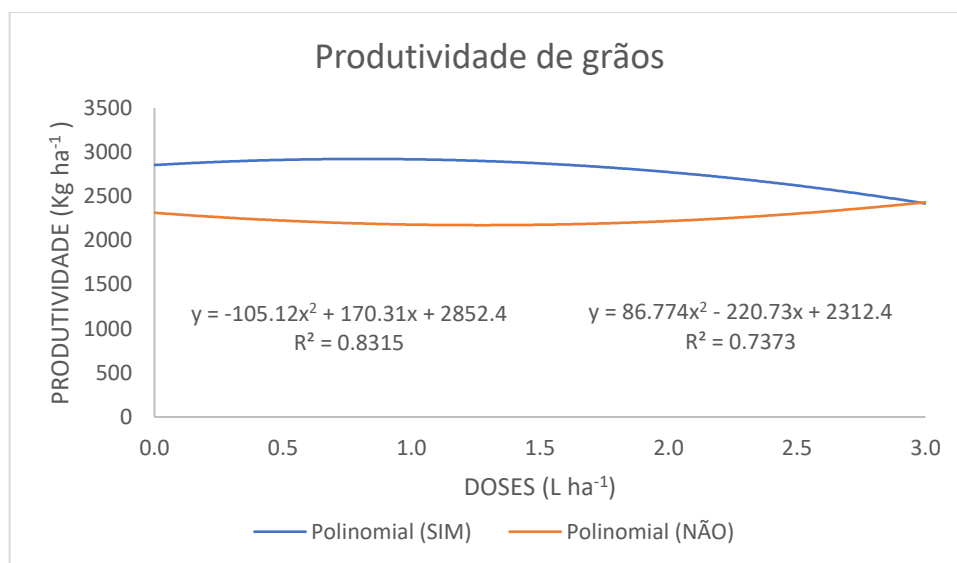
Os componentes de produtividade inserção da primeira vagem, nº de vagens chochas, nº de grãos por vagem, nº de grãos por planta e massa de cem sementes não apresentaram diferença significativa para o uso ou ausência de *Bacillus subtilis*. Para nº de vagens cheias, a ausência do produto obteve média significativamente superior, enquanto para altura de plantas e produtividade de grãos o uso do *Bacillus* culminou em maiores médias com diferença significativa para o teste de Tukey, havendo incremento de 22% na produtividade com o uso do *B. subtilis*. Para Rosa (2018), as variáveis nº de vagens por planta e nº de sementes por planta não obtiveram diferenças significativas com o uso do *B. subtilis*. Já Lima et al., (2011), em trabalho avaliando inoculação das sementes de milho com *Bacillus subtilis* observou que ocorreu maior desenvolvimento das plantas e aumento na produção de grãos da cultura.

Em relação as doses de CO-MO aplicadas, altura de planta, inserção da primeira vagem, nº de vagens chochas e nº de grãos por vagem tiveram médias de doses inferiores a testemunha. Para o nº de vagens cheias e o nº de grãos por plantas a aplicação da dose de 1,0 L ha⁻¹ apresentou melhor desempenho. A massa de cem sementes teve melhor resultado médio com a dose de 2,0 L ha⁻¹. Os resultados da análise de variância presentes em Torres et al., 2014 não se mostraram significativos para os fatores Molibdênio (Mo) e Cobalto (Co), bem como a interação entre os dois fatores não mostraram ser significativos para a Massa de 100 grãos e o Número de grãos por vagem. Enquanto Andrade et al. (2001), observaram, também em feijoeiro, que a altura de planta, o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem receberam, respectivamente, aumentos médios de 28%, 55% e 6%, com aplicação de Mo.

No caso da produtividade de grãos a aplicação da dose de 0,5 L ha⁻¹ se sobressaiu as demais, inclusive a testemunha. Milani (2008), não alcançou efeitos significativos na produtividade da soja com a aplicação foliar de cobalto e molibdênio, sendo que as concentrações de Co e Mo aplicadas, não geraram toxidez a planta, não geraram acúmulo de tais nutriente na planta e também não houve aumento da produção. Já em Meschede et al. 2004, o tratamento com molibdênio e cobalto via sementes promoveu aumento significativo na produtividade da soja. Esse tratamento nas sementes aumentou em 7% a produtividade de grãos, enquanto o efeito da adubação foliar com Comol (Co + Mo) proporcionou um incremento de 20% em relação ao controle. Portanto, não houve grande acréscimo na produção de

grãos no presente trabalho ao aplicar as doses de CO-MO no feijoeiro, porém todas as médias de produtividade obtidas foram maiores que a produtividade média geral da cultura de 1.021 kg/ha no ano (IBGE, 2021).

Figura 10. Gráfico de regressão quadrática da interação entre uso de *Bacillus subtilis* e doses de Cobalto e Molibdênio para a produtividade de grãos de plantas de feijão cultivado no inverno. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.



Fonte: Própria autora.

A produtividade de grãos do feijoeiro apresentou ajuste a regressão quadrática com a interação do uso ou não do *Bacillus subtilis* e as doses de Cobalto e Molibdênio. A ausência de *B. subtilis* apresentou um ponto mínimo calculado na dose de 1,27 L ha⁻¹ do CO-MO, por outro lado, o uso de *Bacillus subtilis* alcançou uma dose ideal de 0,81 L ha⁻¹.

Tabela 6. Valores médios do Teste de Germinação (GERM), Condutividade elétrica (C.E.), Peso seco de plântulas (P.S.P.), Comprimento de raiz (C.R.), Comprimento da parte aérea (C.P.A.) e Teste de Germinação após Envelhecimento acelerado (ENV.ACE.), em sementes de feijão em função do uso de *Bacillus subtilis* e da aplicação de diferentes doses de Cobalto mais Molibdênio. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.

	GERM (%)	C. E. ($\mu\text{S cm g}^{-1}$)	P.S.P. (g)	C.R. (cm)	C.P.A. (cm)	ENV. ACE. (%)
BACILLUS						
SIM	99,90 a	74,96 b	0,0406 a	9,19 a	3,99 a	99,50 a
NÃO	99,90 a	84,77 a	0,0331 b	7,94 b	2,96 b	98,80 a
DOSE (L ha⁻¹)						
0,0	100,00	81,57	0,0357	8,68	3,70	98,50
0,5	100,00	81,96	0,0366	8,03	3,49	98,50
1,0	99,75	77,54	0,0398	8,93	3,44	99,25
2,0	99,75	79,39	0,0369	8,30	3,28	99,75
3,0	100,00	78,87	0,0354	8,90	3,47	99,75
F. Bacillus	0,00 ^{NS}	13,29 ^{**}	105,33 ^{**}	14,74 ^{**}	103,61 ^{**}	2,48 [*]
F. Dose	0,71 ^{NS}	0,39 ^{NS}	4,61 [*]	1,16 [*]	1,81 [*]	1,59 [*]
F. Bacillus*Dose	1,33 [*]	4,50 [*]	1,69 [*]	0,53 ^{NS}	0,78 ^{NS}	2,32 [*]
CV (%)	0,46	10,66	6,27	11,99	9,20	1,42

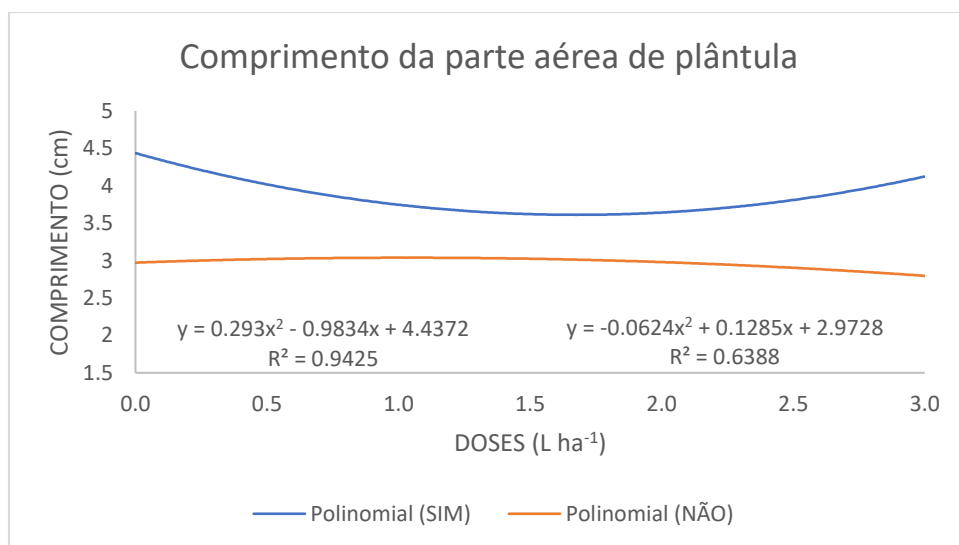
Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Teste F: (*) significativo à 0,05%, (**) significativo à 0,01% e (NS) não significativo à 5%. CV – Coeficiente de variação. Fonte: Própria autora.

O teste de germinação ao comparar a ausência ou presença de *Bacillus subtilis* apresentou médias equivalentes, ou seja, sem diferença significativa. A condutividade elétrica foi menor com o uso de *Bacillus*, o que representa melhor desempenho das sementes, uma vez que quanto menor a condutividade elétrica, melhor o vigor das sementes. Para o peso seco, comprimento de raiz e de parte aérea das plântulas, a aplicação do produto a base de *Bacillus* também foi superior significativamente a ausência de aplicação. Já para a germinação após o envelhecimento acelerados das sementes, não houve diferença significativo, porém a presença de *Bacillus subtilis* teve média superior a ausência do mesmo.

Assim como, Mena-Violante & Olalde-Portugal (2007) observaram, estudando o efeito da inoculação com *B. subtilis* em plantas de tomateiro, eles também verificaram que essas rizobactérias promoveram um aumento na massa seca, comprimento de raiz e melhor qualidade do fruto. Oliveira et al. (2016) avaliando o crescimento inicial do feijoeiro em função do vigor de sementes após inoculação com *Bacillus subtilis*, constataram aumento no comprimento de plântulas e comprimento de raízes primárias de plântulas. Os autores atribuíram tal resultado ao aumento na produção de fitohormônios pelas plantas.

Em relação as doses de CO-MO para germinação, peso seco, comprimento de raiz e de parte aérea das plântulas, as diferentes doses e a testemunha tiveram médias próximas. Já para Guerra et al. (2006), o Mo e o Co aplicados via sementes incrementaram a germinação determinada pelo teste de germinação e a emergência a campo das sementes. Para o peso seco e o comprimento de raiz, a dose 2,0 L ha⁻¹ foi a mais bem avaliada. No comprimento da parte aérea a testemunha foi superior as doses, e para o envelhecimento acelerado as maiores doses (2,0 e 3,0 L ha⁻¹) obtiveram as maiores porcentagens de germinação.

Figura 11. Gráfico de regressão quadrática da interação entre uso de *Bacillus subtilis* e doses de Cobalto e Molibdênio para o comprimento da parte aérea de plântulas de feijão cultivado no inverno. Ilha Solteira – SP, Brasil, 2021.



Fonte: Própria autora.

No caso dos testes de sementes, para o comprimento da parte aérea de plântulas foram obtidos ajustes as equações em regressão quadrática para ausência ou presença de *Bacillus subtilis* mais aplicação de doses de Cobalto e Molibdênio. A presença de *Bacillus subtilis* apresentou um ponto mínimo calculado na dose de 1,68 L ha⁻¹ de CO-MO, enquanto a dose de 1,03 L ha⁻¹ foi o ponto máximo de comprimento da parte aérea de plântula registrado para a ausência do produto a base de *B. subtilis*.

5 CONCLUSÃO

O uso de *Bacillus subtilis* influenciou positivamente na produtividade do feijoeiro de inverno.

A dose de 0,5l/ha do produto a base de Cobalto mais Molibdênio foi a de maior produtividade de grãos registrada, superando a testemunha.

As sementes do feijoeiro apresentaram ótima qualidade fisiológica, com alta germinação e alto vigor independente da aplicação de *B. subtilis* ou de Cobalto e Molibdênio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARO, H. T. R.; DAVID, A. M. S. S.; ASSIS, M. O.; RODRIGUES, B. R. A.; CANGUSSÚ, L. V. S.; OLIVEIRA, M. B. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, 2015.
- AMBROSANO, E. J. et al. Resposta da aplicação de micronutrientes no cultivo de feijão irrigado no inverno. In: **Scientia Agricola**. v. 53 n. 2-3. Piracicaba Maio/Dez 1996.
- ANDRADE, M. J. B. et al. Resposta do feijoeiro às adubações nitrogenada e molíbdica e à inoculação com *Rhizobium tropici*. **Cienc. Agrotec.**, Lavras, v.25, n.4, p.934-940, 2001.
- ARAÚJO, F. F. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostra e desenvolvimento de milho, soja e algodão. **Ciência e Agrotecnologia**, v.2, n.2, p.456-462, 2008.
- ASCOLI, A. A.; SORATTO, R. P.; MARUYAMA, W. I. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão em função da aplicação foliar de molibdênio. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 31.; 2007. Gramado R.S. Anais. p 313. 2007.
- BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Documento, 272. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 247 p.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of development and germination**. 2. ed., New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BINOTTI, F. F. S.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, A. C. C.; KAMIMURA, K. M. Fontes, doses e modo de aplicação de nitrogênio em feijoeiro no sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 68, n. 2, p. 473-481, 2009.
- BRAGA JÚNIOR, G. M. **Eficiência de *Bacillus subtilis* no biocontrole de fitopatógenos e promotor de crescimento vegetal**. 2015. 87 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Gurupi – TO, 2015.
- BRAGANTINI, C. Produção de sementes. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.639-667.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: DNDV/CLAV, 365 p. 2009.
- CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. **Importância dos micronutrientes na fixação biológica do N₂**. Informe Agropecuário, v.98, p.6-9, 2000.

CAMPO, R. J.; LANTMANN, A. F. Efeitos de micronutrientes na fixação biológica do nitrogênio e produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.1245-1253, 1998.

CAMPOS-VEGA, R.; OOMAH, D.; LOARCA-PIÑA, G.; VERGARA-CASTAÑEDA, H. A. Common beans and their non-digestible fraction: cancer inhibitory activity: an overview. **Foods**, v. 2, n. 3, p. 374-392, 2013.

CANBOLAT, M.; BILEN, S.; ÇAKMAKÇI, R.; SAHIN, F.; AYDI, A. Effect of plant growth-promoting bacteria and soil compaction on barley seeding growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 42, n. 3, p. 350-357, 2006.

CASQUERO, P. A. et al. Performance of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces from Spain in the Atlantic and Mediterranean environments. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 53, n. 05, p. 1021-1032, 2006.

CASTRO, A. M. C. et al. Tratamento de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) com molibdênio, cobalto, metionina e vitamina B1. **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília, v.16, n.1, p.26-30, 1994.

CHAGAS, L. F. B.; MARTINS, A. L. L.; FILHO, M. R. C.; MILLER, L. O.; OLIVEIRA, J. C.; CHAGAS JUNIOR, A. F. *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp. no Incremento da Biomassa em Plantas de Soja, Feijão-Caupi, Milho e Arroz. **Revista Agri-Environmental Sciences**. v. 3, n. 2, Palmas – TO, 2017.

COÊLHO, J. D. **Feijão. Produção e Mercados**. Banco do Nordeste. Caderno setorial ETENE - (Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste). Ano 6, nº 197. Dez, 2021.

COMO surgiu o feijão de terceira safra ou feijão de inverno? Um pouco de história. **Revista Cultivar**. Pelotas, 2015. Disponível em: <<https://revistacultivar.com.br/artigos/como-surgiu-o-feijao-de-terceira-safra-ou-feijao-de-inverno-um-pouco-de-historia>>. Acesso em: 7 mai. 2022.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasília, DF. v. 8, safra 2020/21. n. 12, décimo segundo levantamento. Setembro, 2021.

COSTA, J. C. G.; ZIMMERMANN, M. J. O. Melhoramento genético. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **A cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafós. 1988. p. 229-245.

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*. **Pesquisas Agrárias e Ambientais**. Nativa, Sinop, v. 7, n. 2, p. 126-132, mar/abr. 2019.

CRUZ, A. C. F.; SANTOS, R. P.; IAREMA, L.; FERNANDES, K. R. G.; KUKI, K. N.; ARAUJO, R. F.; OTONI, W. C. Métodos comparativos na extração de pigmentos foliares de três híbridos de *Bixa orellana* L. **Revista Brasileira de Biociências**, 2007. 5:777-779.

DA SILVA, P. Pigmentos Fotossintetizantes. In: **Infoescola Navegando e Aprendendo**. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/biologia/pigmentos-fotossintetizantes/>>. Acesso em: 16 mai. 2022.

DALL'AGNOL, A.; NOGUEIRA, M. A. **Cobalto e molibdênio, parceiros na fixação biológica do nitrogênio**. Canal Rural. Blog da Embrapa Soja, 2021. Disponível em: <<https://blogs.canalrural.com.br/embrapasoja/2021/03/01/cobalto-e-molibdenio-parceiros-na-fixacao-biologica-do-nitrogenio/>>. Acesso em: 9 mai. 2022.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. **Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares**. I. Condutividade elétrica. Informativo Abrates, v.5, n.1, p.26-36, 1995.

DIAZ, P. A. E. **Bacillus spp. como promotores de crescimento na cultura do algodão**. 2018. 46 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 2018.

DOS SANTOS, G. F. **Isolamento e Caracterização de Feofitina A de Echnodorus Uruguayensis**. Anais. 17º Congresso Nacional de Iniciação Científica (CONIC SEMESP). Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2017.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Informações técnicas para o cultivo de feijão**. Brasília: Embrapa-SPI, 1996. 32p.

FAOSTAT. Crops. 2021. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 20 mai. 2022.

FAVARIN, J. L.; MARINI, J. P. Importância dos micronutrientes para a produção de grãos. In: **SOCIEDADE NACIONAL DA AGRICULTURA**, 2000.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium (Lavras)**, v. 6, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, R. A. **Extração de pigmentos cloroplastídicos em tomateiro: Ajuste de metodologia**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação). Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, Bacharelado em Agronomia. Morrinhos – GO, 2018.

FESSEL, S. A.; PANOBIANCO, M.; SOUZA, C. R.; VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja armazenadas sob diferentes temperaturas. Tecnologia de Sementes e Fibras. In: **Bragantia**. 2010.

FIXAÇÃO Biológica do nitrogênio. **Mais Soja**. Jul, 2018. Disponível em: <<https://maissoja.com.br/fixacao-biologica-do-nitrogenio/>>. Acesso em: 14 mai. 2022.

GONZALES, J. L. S.; DE PAULA, R. C.; VALERI, S. V. Teste de condutividade Elétrica em sementes de *Albizia hassleri* (Chodat) Burkart. FABACEAE-MIMOSOIDEAE. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.4, p.625-634, 2009.

GUERRA, C. A.; MARCHETTI, M. E.; ROBAINA, A. D.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; NOVELINO, J. O. Qualidade fisiológica de sementes de soja em função da adubação com fósforo, molibdênio e cobalto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, PR. v. 28, n. 1, p. 91-97, 2006.

GUIMARÃES, R. M.; OLIVEIRA, J. A.; VIEIRA, A. R. **Aspectos fisiológicos de sementes**. Informe Agropecuário, vol. 27, n. 232, p. 40. 2006.

HEATON, J. W.; MARANGONI, A. G. Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues. **Trends in Foods Science & Technology**, v.7, p.8-15, 1996.

IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola, 2021. Tabela 1 - Área, Produção e Rendimento Médio - Confronto das Estimativas Novembro/Dezembro – Brasil. Atualizada em 27/01/2022. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?edicao=32715&t=resultados>>. Acesso em: 15 mai. 2022.

JACOB NETO, J.; ROSSETO, C. A. V. Concentração de nutrientes nas sementes: o papel do molibdênio. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.5, n.1, p.171-183, 1998.

JUNIOR, M.L.; BRANDÃO, L. T. D.; MARTINS, B. E. M. **Testes para Avaliação da Qualidade de Sementes de Feijão Comum**. Circular Técnica, 90. Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás, GO. Out. 2013.

LAMBERS, H.; CHAPIN III, F. S.; PONS, T. L. **Plant Physiological Ecology**. Springer, New York. 540p. 2008.

LANNA FILHO, R.; FERRO, H. M.; DE PINHO, R. S. C. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, n. 2, p. 12-20, 2010.

LANTMANN, A. F. **Nutrição e produtividade da soja com molibdênio e cobalto**. Artigos EMBRAPA, Coletânea rumos & debates, 2002.

LAZZARETTI, E.; MELO, I. S. **Influência de *Bacillus subtilis* na promoção de crescimento de plantas e nodulação de raízes de feijoeiro**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 28. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2005. 21p.

LICHTENTHALER, H. K. 1987. Chlorophyll and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, 148:350-382.

LIMA, F.; NUNES, L. A. P. L.; FIGUEIREDO, M. D. V. B.; ARAÚJO, F. F.; LIMA, L. M.; ARAÚJO, A. S. F. *Bacillus subtilis* e adubação nitrogenada na produtividade do milho. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, 2011.

MALAVOLTA, E. **Elementos de Nutrição Mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres. 231p. 1980.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2a ed., Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARCONDES, J. A. P.; CAIRES, E. F. Aplicação de Molibdênio e Cobalto na Semente para Cultivo da Soja. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.4, p.687-694, 2005.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MELO FILHO, L. C. **Adubação foliar com molibdênio no feijoeiro em Rondônia**. 2008. 44 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Pós-graduação em Agricultura Tropical. Cuiabá – MT, 2008.

MENA-VIOLANTE, H. G.; OLALDE-PORTUGAL, V. Alteration of tomato fruit quality by root inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): *Bacillus subtilis* BEB-13bs. **Scientia Horticulturae**, v. 113, n. 1, p. 103-106, 2007.

MENCALHA, J. **Enriquecimento de sementes de feijão-comum com cobalto**. 2017. 36f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG, 2017.

MESCHEDE, D. K.; BRACCINI, A. de L.; BRACCINI, M. do C. L., SCAPIM, C. A.; SCHUAB, S. R. P. Rendimento, teor de proteínas nas sementes e características agrônomicas das plantas de soja em resposta à adubação foliar e ao tratamento de sementes com molibdênio e cobalto. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, PR. vol. 26. n. 2. p. 139-145, 2004.

MILANI, G. L.; OLIVEIRA, J. A.; SILVA, L. H. C.; PINHO, E. V. R. V.; GUIMARÃES, R. M. Nodulação e desenvolvimento de plantas oriundas de sementes de soja teores de molibdênio. **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília, v.30, n.2, 2008.

MONNERAT, R. et al. **Manual de produção e controle de qualidade de produtos biológicos à base de bactérias do gênero *Bacillus* para uso na agricultura**. Documento, 369. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2020. 46 p.

MORAGA, F. G. **Adubação foliar com Cobalto e Molibdênio na cultura da soja**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais. Sinop – MT, 2018.

OHLSON, O. C.; KRZYZANOWSKI, F. C.; CAIEIRO, J. T.; PANOBIANCO, M. Teste de envelhecimento acelerado em sementes trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 32, n. 4, p. 118-124. 2010.

OLIVEIRA, G. R. F.; SILVA, M. S.; MARCIANO, T. Y. F.; PROENÇA, S. L.; SÁ, M. E. Crescimento inicial do feijoeiro em função do vigor de sementes e inoculação com *Bacillus subtilis*. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 10, n. 4, p. 439-448, out. 2016.

OLIVEIRA, H. C. **Fixação biológica de nitrogênio em feijão comum**. Plant Production. In: News. EMBRAPA. Brasília – DF. ago, 2014.

PEIXOTO, R. **Fixação biológica de nitrogênio é alternativa para a cultura do feijão**. Plant Production. In: News. EMBRAPA. Brasília – DF. nov, 2014.

REGO, G. M.; POSSAMI, E. **Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial do Jequitibá-rosa**. Boletim de Pesquisa Florestal, Embrapa Florestas. 2006.

ROSA, M. E. **Efeito da Adubação Verde e Doses de Estimulantes em Plantio Direto: No Desenvolvimento, Produtividade e Qualidade Fisiológica das Sementes de Feijão no Cerrado Sul-Mato-Grossense**. 2018. Tese (Doutorado em Sistema de Produção) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Ilha Solteira – SP, 2018.

SÁ, M. E. Importância da adubação na qualidade de sementes. In: SÁ, M. E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 65-98.

SANTOS, H. G. et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. rev. ampl. – Brasília, DF: **Embrapa**, 2013. 353 p.

SANTOS, S. R. G.; PAULA, R.C. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 37, n. 81, p. 007-016, mar. 2009.

STONE, L. F.; PEREIRA, A. L. Sucessão arroz - feijão irrigados por aspersão: efeito de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar na produtividade e nutrição do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 571-533, 1994.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. As Clorofilas. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.35, n.3, p.748-755, mai-jun, 2005.

TAIZ, L. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora. 709p. 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.693. (Trad. SANTARÉM E.R. et al.).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 954p., 2013.

TANAKA, A. et al. Chlorophyll a oxygenase (CAO) is involved in chlorophyll b formation from chlorophyll a. **Plant Biology**, v.95, p.12719-12723, 1998.

TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; SATO, A. M.; MENGARDA, C. A.; SANTOS, D. H. Influência do molibdênio associado ao cobalto na cultura da soja, aplicados em diferentes estágios fenológicos. In: **Colloquium Agrariae**, v. 3, n.1, Jun. 2007, p. 1-07.

TORRES, H. R. M.; RIBEIRO, P. R. C. C.; RIBEIRO, J. J. Produtividade do feijão *Phaseolus vulgaris* L. com aplicações crescentes de molibdênio associadas ao cobalto via foliar. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer. 2014.

VIDOR, C.; PERES, J. R. R. Nutrição de plantas com molibdênio e cobalto. In: **SIMPÓSIO SOBRE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA**. Anais... Londrina: EMBRAPACNP/ISO/IAPAR/SBCS, p. 179-203, 1988.

VON ELBE J. H. Colorantes. In: FENNEMA, O.W. **Química de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza: Wisconsin - Madison, 2000. Cap.10, p.782-799.

WINKLER, S. A.; GOMES, S. A.; PEREIRA, R. D.; CHIARELO, C.; SANTOS, O. L. **Eficiência da aplicação de Co, Mo, via tratamento de sementes, Ca, B e fitorregulador, via aplicação foliar, na soja em área de várzea**. XVI Congresso de Iniciação Científica, 2005.

XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G.; GUEDES, R. E. Arvore do Conhecimento: Feijão Caupi. Práticas agrícolas. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica (AGEITEC)**. EMBRAPA, Brasília – DF.

XU, H. et al. Chlorophyll b can serve as the major pigment in functional photosystem II complexes of cyanobacteria. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.98, n.24, november, 2001.

YOKOYAMA, L.P.; BANNO, K.; KLUTHCOUSKI, J. Aspectos econômicos da cultura. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.1-21.