

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA INSTITUTO
FEDERAL DE MINAS GERAIS - *CAMPUS* SÃO JOÃO EVANGELISTA
BACHARELADO EM AGRONOMIA

Taine Teotônio Teixeira Da Rocha

**NODULAÇÃO DO FEIJÃO - COMUM (*Phaseolus vulgaris* L. cv BRS ESTEIO) A
PARTIR DE SEMENTES TRATADAS COM UM INOCULANTE ALTERNATIVO E
A INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO FOLIAR COM MOLIBDÊNIO NA FBN**

São João Evangelista

2021

TAINÉ TEOTÔNIO TEIXEIRA DA ROCHA

NODULAÇÃO DO FEIJÃO- COMUM (*Phaseolus vulgaris* L. cv BRS ESTEIO) A PARTIR DE SEMENTES TRATADAS COM UM INOCULANTE ALTERNATIVO E A INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO FOLIAR COM MOLIBDÊNIO NA FBN

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais Campus São João Evangelista como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Me Alisson José Eufrásio de Carvalho

Coorientador (a): *Ph.D.* Norma Gouvêa Rumjaneck

São João Evangelista

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

R672n Rocha, Taine Teotônio Teixeira da.

Nodulação do feijão - comum (*Phaseolus vulgaris* L. cv BRS Esteio) a partir de sementes tratadas com um inoculante alternativo e a influência da adubação foliar com molibdênio na FBN/ Taine Teotônio Teixeira da Rocha.– 2021.

42f.: il.

Orientador: Dr. Alisson José Eufrásio de Carvalho.

Coorientadora Dra. Norma Gouvêa Rumjanek.

Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus* São João Evangelista, 2021.

1. Bactérias diazotróficas. 2. Leguminosa. 3. Simbiose. I. Rocha, Taine Teotônio Teixeira da. II. Instituto Federal de Minas Gerais *Campus* São João Evangelista. III. Título.

CDD 635.6520981

Elaborada pela Biblioteca Professor Pedro Valério
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Minas Gerais *Campus* São João Evangelista
Catalogação: Rejane Valéria Santos – CRB-6/2907

TAINÉ TEOTÔNIO TEIXEIRA DA ROCHA

**NODULAÇÃO DO FEIJÃO- COMUM (*Phaseolus vulgaris* L.cv BRS ESTEIO) A
PARTIR DE SEMENTES TRATADAS COM UM INOCULANTE ALTERNATIVO E
A INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO FOLIAR COM MOLIBDÊNIO NA FBN**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Me Alisson José Eufrásio de Carvalho
Coorientador (a): *Ph.D.* Norma Gouvêa Rumjaneck

Aprovada em 02/07/2021 pela banca examinadora:



Prof. Me. Alisson José Eufrásio de Carvalho – IFMG (Orientador)



Prof. Me. Jarbas Magno Miranda – IFMG



Prof. Dr. João Paulo Lemos - IFMG

Dedico este trabalho a minha irmã Taise e minha mãe Margarida maiores incentivadoras e fontes inesgotáveis de apoio, amor e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço sob tudo e todos, a Deus... Perseverar todos os dias diante dos desafios, vencer os nossos limites, levantar a cabeça depois de um não, seguir em frente quando tantos não acreditam em você, alcançar os nossos objetivos e fazer destes o nosso sonho, só é possível quando se crê neste e nele.

Agradeço profundamente e imensamente a minha mãe Maria Margarida...como fruto do seu árduo trabalho como empregada doméstica me permite ter em minhas mãos um diploma.

Agradeço a minha irmã Taise Martins...a pessoa que mais acredita em mim, que mais me incentiva a sonhar, que enxerga em mim, um eu forte, sábio e grandioso.

Agradeço a minha tia Geralda e o meu amigo Adelmo Miranda que mesmo diante das dificuldades sempre viu em mim, um sonho possível.

Agradeço o meu amigo Ismael Rodrigues pela sua recepção, bondade e persistência e por sonharmos juntos por esse dia. Só nós dois sabemos das nossas dificuldades e limitações, para que esse projeto pudesse sair do papel.

Agradeço aos meus parceiros de estudos e trabalhos Érica Santos e Fábio Vitor Gonçalves por compartilharem comigo todos os seus conhecimentos e por fazer parte de tudo o que aprendi durante esses 5 anos de graduação.

Agradeço ao professor Alisson Carvalho, que foi a pessoa que eu senti mais sociabilidade em convidar para orientação deste trabalho.

E em especial, agradeço a minha coorientadora Norma Rumjaneck por sua disponibilidade, humildade e sensibilidade para orientar-me.

“Que ninguém se engane, só se consegue a simplicidade através de muito trabalho.”

Clarice Lispector

RESUMO

O nitrogênio é um dos principais elementos exigidos pela cultura do feijão-comum e analogamente, um dos fatores limitantes da mesma. Entretanto, sendo uma leguminosa, possui a capacidade de se associar a bactérias do grupo rizóbio, capazes de promoverem a fixação de nitrogênio, por meio de nódulos. É uma das formas de aumentar o potencial e a especificação dessas bactérias, é por meio da seleção e condução de inoculantes destinados à cultura. Trabalhos indicam a possibilidade do preparo próprio do inoculante, a partir de raízes finas noduladas com estirpes localmente adaptadas, embora a prática ainda se encontra em fases de testes para a sua comprovação científica. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da interação entre a adubação foliar com molibdênio e o inoculante alternativo, sobre a capacidade de nodulação absoluta do sistema radicular do feijoeiro-comum, assim como no crescimento e desenvolvimento da parte aérea. A eficiência do extrato foi comparada em cinco concentrações distintas na presença ou ausência da adubação foliar com molibdênio. No início da floração, foram avaliados o comprimento da raiz e da parte aérea, massa seca da parte aérea e raiz, número de nódulos, quantidade de nitrogênio acumulado na parte aérea e o volume de raiz. No presente estudo, o tratamento de sementes de feijão da cultivar BRS Esteio com 25% do inoculante em combinação com a adubação foliar com molibdênio na dose de 80 g. ha⁻¹ aos 15 DAE em condições experimentais, teve melhores resultados, com respostas estatisticamente superiores para o número de nódulos, massa seca de parte aérea e teor de nitrogênio, em comparação a testemunha. E o tratamento na concentração de 75% do inoculante apresentou o menor desempenho dentre as concentrações testadas do inoculante alternativo.

Palavras – Chave: Bactérias diazotróficas. Leguminosa. Simbiose.

ABSTRACT

Nitrogen is one of the main elements required by the common bean culture and, similarly, one of its limiting factors. However, being a legume, it has the ability to associate with bacteria of the rhizobia group, capable of promoting nitrogen fixation through nodules. And one of the ways to increase the potential and specification of these bacteria is through the selection and conduction of inoculants for the culture. Works indicate the possibility of preparing the inoculant itself, from fine nodulated roots with locally adapted strains, although the practice is still in testing phases for its scientific proof. The aim of this study was to evaluate the effect of the interaction between foliar fertilization with molybdenum and the alternative inoculant on the absolute nodulation capacity of the common bean root system, as well as on shoot growth and development. The extract efficiency was compared at five different concentrations in the presence or absence of foliar fertilization with molybdenum. At the beginning of flowering, root and shoot length, shoot and root dry mass, number of nodules, amount of nitrogen accumulated in shoot and root volume were evaluated. In the present study, the treatment of bean seeds of cultivar BRS Esteio with 25% of the inoculant in combination with foliar fertilization with molybdenum at a dose of 80 g. ha⁻¹ at 15 DAE under experimental conditions, had better results, with statistically superior responses for the number of nodules, shoot dry mass and nitrogen content, compared to the control. And the treatment at the concentration of 75% of the inoculant showed the lowest performance among the tested concentrations of the alternative inoculant.

Keywords: Diazotrophic bacteria. Legumes. Symbiosis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Raízes noduladas das plantas matrizes	22
Figura 2 - Extrato de raízes finas noduladas	22
Figura 3 - Emergência das sementes 3 DAS	22
Figura 4 - Desbaste 7 DAE	22
Figura 5 - Realização da adubação foliar com molibdênio	23
Figura 6 - Preparo para contagem de nódulos	23
Figura 7 - Aferição do comprimento de raiz e altura de parte aérea	23
Figura 8 - Comprimento de raiz e altura de parte aérea de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. em função das doses do inoculante e adubação foliar com molibdênio	27
Figura 9 - Relação entre o teor de nitrogênio e altura da parte aérea em <i>Phaseolus vulgaris</i> L. em função das doses do inoculante e adubação foliar com molibdênio	29
Figura 10 - Médias dos teores de nitrogênio nas folhas de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. pelo método de Kjeldahl em função dos tratamentos	31
Figura 11- Relação entre o número de nódulos e teor de nitrogênio em <i>Phaseolus vulgaris</i> L. em função das doses do inoculante e adubação foliar com molibdênio	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Principais espécies de rizóbios capazes de nodular o feijoeiro	17
Tabela 2- Resultado da análise química do substrato	22
Tabela 3- Resumo da análise de variância (Anova) para as variáveis relação MSPA/MSR; NN E MSP	25
Tabela 4- Efeito da inoculação com o extrato de raízes noduladas em diferentes concentrações e adubação foliar com molibdênio sobre o crescimento do feijoeiro (<i>Phaseolus vulgaris</i> <i>L.</i>) cv. BRS Esteio aos 29 DAP	25
Tabela 5- Resumo da análise de variância (Anova) para as variáveis VR e MSR	28
Tabela 6- Resumo da análise de variância (Anova) para as variáveis APA e TN	29

LISTA DE ABREVEATURA E SIGLAS

APA- Altura da parte aérea

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

CR- Comprimento de raiz

DAE- Dias após a emergência

DAP- Dias após o plantio

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FBN- fixação biológica de nitrogênio

K- Potássio

Mo- Molibdênio

MSPA- Massa seca da parte aérea

MSR- Massa seca da raiz

NMP- Número mais provável

N- Nitrogênio

NN- Número de nódulos

P- Fósforo

TN- Teor de nitrogênio

VR- Volume de raízes

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Feijoeiro	15
2.2	Fixação biológica de nitrogênio (FBN)	16
2.3	Molibdênio	17
2.4	Inoculante alternativo	19
3	METODOLOGIA	20
4	RESULTADOS E DISCURSÕES	24
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
6	CONCLUSÕES	33
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a cultura do feijão destaca-se pela sua importância socioeconômica. Esse grão constitui-se como a principal fonte de alimentação dos brasileiros, sobretudo de proteína vegetal (SILVA; WANDER, 2013, p. 11). A produção dessa leguminosa, é geograficamente distribuída pelo país e basicamente, a maior parte da produção se dirige ao consumo interno.

O feijão comum é uma fabácea nodulífera com capacidade de estabelecer simbiose mutualista com bactérias da família *Rhizobiaceae*, presente naturalmente no solo ou por meio de inoculação de sementes, e assim se beneficia do nitrogênio fixado, em um processo denominado fixação biológica do nitrogênio (FBN) (MATOSO; KUSDRA, 2014; VIÇOSI; PELÁ, 2020). Sob condições específicas, algumas variedades do gênero *Phaseolus*, atingem até 67% das exigências em nitrogênio, o que implica em uma redução muito significativa na inserção de fertilizantes minerais nitrogenados na produção (JANTALIA *et al.*, 2006).

Todavia, mesmo diante de tal resposta, o investimento nessa tecnologia na cultura ainda é baixo em comparação ao seu sucesso na cultura da soja, no Brasil, onde o melhoramento genético para a FBN iniciou-se em 1930 (ALVES *et al.*, 2003; MOREIRA; SIQUEIRA, 2008; ALCÂNTARA *et al.*, 2009). Segundo a Associação Nacional dos Produtores e Importadores de Inoculantes (ANPII), em 2018 foram comercializados 73, 5 milhões de doses de inoculante bacterianos, destas, apenas 279. 948 mil destinaram-se a cultura do feijão, um percentual mínimo de participação igual a 0,3%, enquanto a soja representou 76% desse total.

A taxa de crescimento da produção de feijão prevista nos próximos anos no país indica a possibilidade de importação desse grão (CONAB, 2018), perante a isso, o sistema de produção dessa leguminosa, carece do desenvolvimento de técnicas que superem essa tendência, práticas que elevem a produtividade, e ao mesmo tempo esteja associada com características ecologicamente viáveis e ao alcance especialmente do pequeno produtor (MATOSO ; KUSDRA, 2014).

No entanto, a disponibilização de tecnologias alternativas que visam essa produção de forma sustentável, ainda é pouco aplicada para a cultura do feijão (SOUZA ; MOREIRA, 2011). Tendo em vista que a prática de inoculação tem efeito parcial, na contribuição de N para a cultura, é necessário estudar alternativas para aumentar a eficiência da FBN em culturas como esta (BERTOLDO *et al.*, 2015).

E mediante do descrédito do potencial do feijoeiro se beneficiar da FBN de forma nutricionalmente satisfatória, a adubação mineral nitrogenada é uma alternativa constante, a fim de se elevar a produtividade da cultura (CRUSCIOL *et al.*, 2007). Contudo, esse incremento

na produtividade reflete no aumento dos custos de produção e dos impactos ambientais (CRUSCIOL *et al.*, 2007). E isto porque, o N é um elemento extremamente dinâmico no solo, caracterizado por vários processos relacionados à entrada e saída do elemento do solo e às suas diferentes formas químicas (nitrogênio elementar - N₂; amônia - NH₃; amônio - NH₄⁺; nitrato - NO₃⁻ e nitrito - NO₂⁻) (CANTARELLA *et al.*, 2007).

Alguns estudos vêm apresentando a possibilidade da produção de um inoculante alternativo para esta cultura a partir de um extrato de raízes noduladas do próprio feijão, mas sem metodologias específicas. Essa prática bem elaborada e prontamente disponível ao agricultor familiar poderia representar uma alternativa para otimizar a FBN no feijoeiro (ROCHA, 2013).

Segundo Silva *et al.*, (2012) a disponibilidade de nutrientes está entre os fatores edáficos que influenciam diretamente a FBN. A influência de micronutrientes enfatiza-se não só no desenvolvimento da planta e bactéria como também na simbiose ente ambas (RUSCHEL E REUZER, 1973). Há diversos estudos que apontam o papel importante do molibdênio para a cultura do feijoeiro (BERGER *et al.*, 1996; FULLIN *et al.*, 1999; FERREIRA *et al.*, 2003; FERNANDES *et al.*, 2005), relacionado entre outros aspectos, à fixação de N.

O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da interação entre a adubação foliar com molibdênio e o inoculante alternativo, sobre a capacidade de nodulação absoluta do sistema radicular do feijoeiro-comum, assim como no crescimento e desenvolvimento da parte aérea.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Feijoeiro

O feijoeiro constitui-se uma planta herbácea, com crescimento determinado ou indeterminado e porte ereto, prostrado ou trepador, pertencente à família das *Fabaceae* (SANTOS *et al.*, 2015). Compreende-se cerca de 55 espécies ao gênero *Phaseolus*, todavia, apenas 5 são cultivados, sendo o *Phaseolus vulgaris* (feijão-comum), sua maior difusão (AGUIAR, 2013).

O Brasil se destaca como o 3º maior produtor de feijão comum, ocupando uma área de 3 milhões hectares na safra de 2019/2020, resultando em uma produção em torno de 3,02 milhões de toneladas por ano de feijão, com o feijão preto sendo o segundo grão mais consumido, com 20% de preferência, em relação à cor e ao tipo de grão (FARIA *et al.*, 2014; CONAB, 2019). O baixo rendimento médio brasileiro é o reflexo da condição econômica da maioria dos produtores que não dispõem de recursos suficientes para investir em insumos e avanços tecnológicos em que entre os principais fatores limitantes da produtividade da cultura do feijoeiro no país, destacam-se aqueles relacionados ao nível técnico empregado pelos produtores (KUSDRA, 2002; LOPES *et al.*, 2012). A duração do ciclo é influenciada pela temperatura e a cultivar, oscilando-se entre 65 a 100 dias (AIDAR, 2012). A temperatura média ideal para o cultivo na América Latina varia de 17,5 °C a 25 °C (MARIOT, 1989).

A cultura requer uma quantidade de água no solo que seja suficiente para o seu desenvolvimento e manutenção, sobretudo nas etapas mais fundamentais como germinação, emergência, floração e enchimento de grãos (PEREIRA *et al.*, 2014). O consumo hídrico está entre 300 mm e 600 mm consumindo, em média, 3 a 4 mm por dia e necessitando de uma disponibilidade mínima de 100 mm mensais (PEREIRA *et al.*, 2014). Segundo Silveira; Stone (2001), a época de semeadura, as características do cultivar, o local de cultivo e o manejo da cultura e do solo são fatores que influenciam diretamente na necessidade de água para se obter máxima produção.

O feijoeiro apresenta um sistema radicular superficial, caracterizado com uma raiz principal pivotante no qual surgem as ramificações, onde se encontram em maior volume (80%) na camada de 0 a 10 cm (ARF, 2015). Os fatores físicos do solo determinam a capacidade de penetração do sistema radicular da planta (MODOLO *et al.*, 2011).

Segundo Gepts e Fernandez (1982), o desenvolvimento do feijoeiro é separado em duas fases: a vegetativa e a reprodutiva. A vegetativa possui cinco estágios (V0: iniciada a

germinação da semente; V1: aparecimento dos cotilédones ao nível do solo; V2: folhas primárias totalmente abertas; V3: abertura da primeira trifoliada e aparecimento da segunda trifoliada e V4: terceira folha trifoliada encontra-se completamente aberta e plana, ocorrendo o desenvolvimento dos primeiros ramos secundários). A reprodutiva possui mais cinco estágios (R5: aparecimento do primeiro botão floral e do primeiro racemo; R6: abertura da primeira flor; R7: surgimento das primeiras vagens; R8: início do enchimento da primeira vagem; R9: maturidade fisiológica).

2.2 Fixação biológica de nitrogênio (FBN)

A FBN, consiste em um “processo bioquímico em que o nitrogênio atmosférico é incorporado diretamente às plantas, após ser transformado em amônia” (LOMBARDI, 1999). Estima-se que a contribuição da fixação biológica de nitrogênio para a agricultura, esteja por volta de 60 milhões de toneladas de nitrogênio por ano (EMBRAPA, 2006). As bactérias, geralmente do gênero *Rhizobium*, se associam simbioticamente com as raízes de leguminosas formando estruturas especializadas denominadas nódulos, onde se processa a FBN. A simbiose é notada uma vez que, a bactéria fornece nitrogênio fixado para a planta, que em resposta fornece fotoassimilados ou carbono orgânico para a primeira (CASSINI e FRANCO, 2006).

O real potencial da cultura do feijão comum se beneficiar da fixação N, se justifica mediante a alguns fatores; Segundo Rufini *et al.*, (2011) a nodulação é tardia no feijoeiro sendo os benefícios da simbiose iniciados 15 a 20 dias após a semeadura (DAS) razão pela qual cultivares de ciclo mais longo são as de maior potencial de resposta a este processo; o fato de o feijoeiro ser capaz de formar nódulos promovidos por várias espécies e estirpes de *Rhizobium* (RUFINI *et al.*, 2011) também interfere na eficiência da FBN devido a diferenças no potencial de fixação, competição por sítios nodulares e adaptação às condições ambientais (DEKA *et al.*, 2006) e ao processo de domesticação e seleção de determinadas cultivares visando características desejáveis apenas no aspecto comercial.

Na tabela 1, são citadas as principais estirpes responsáveis pela nodulação e fixação de nitrogênio na cultura do feijoeiro.

Tabela 1. Principais espécies de rizóbios capazes de nodular o feijoeiro.

SEMIA	Espécie	Descritor
SEMIA 402	<i>Rhizobium leguminosarum</i> bv. <i>Phaseoli</i>	Jordan (1984)
SEMIA 4077* (=CIAT 899), SEMIA 4080* (=PRF 81) e SEMIA 4088*.	<i>Rhizobium tropici</i>	Martínez-Romero <i>et al.</i> , (1991)

<i>Rhizobium etli</i> bv. <i>phaseoli</i>	Segovia <i>et al.</i> , (1993)
<i>Rhizobium. giardinii</i> (bv. <i>giardinii</i> e bv. <i>phaseoli</i>)	Amarger <i>et al.</i> , (1997)
<i>Rhizobium. gallicum</i> (bv. <i>gallicum</i> e bv. <i>phaseoli</i>)	Amarger <i>et al.</i> , (1997)

* Estirpes empregadas na inoculação do feijoeiro - comum no Brasil.
 Fonte: Rocha, 2013; DDP, 2013

Na cultura do feijão, o nitrogênio é o macronutriente mais absorvido (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994), dando estímulo ao crescimento vegetativo da planta e absorção dos demais nutrientes. Um adequado fornecimento de N está associado à alta atividade fotossintética, ao crescimento vigoroso e às folhas de cor verde-escuras. Sua deficiência provoca pequeno desenvolvimento das plantas, as folhas tornam-se verde pálidas ou mesmo amareladas e poucas folhas desenvolvem-se (VIEIRA *et al.*, 1998).

Na cultura, o uso dos inoculantes com rizóbios adaptados às nossas variedades e condições ambientais, é possível reduzir em mais de 50% a quantidade de fertilizantes, dobrar o seu rendimento proporcionando uma economia estimada em US\$ 240 milhões por ano (COOPAVEL, 2019).

Assim como na inoculação com o inoculantes comerciais, o tratamento das sementes com o inoculante alternativo tem o mesmo fundamento, em que bactérias fixadoras de nitrogênio, são adicionadas às sementes das plantas antes da semeadura e essas bactérias se associarão simbioticamente com o sistema radicular dessas plantas, fixando o nitrogênio atmosférico (EMBRAPA, 2013; RUMJANECK, 2017).

Alguns trabalhos realizados com o feijoeiro mostram resultados positivos e satisfatórios a respeito da prática de inoculação (NOGUEIRA, 2005; REIS, 2013); Pacheco *et al.*, (2012) num experimento de campo com a cultivar Ouro Negro obteve-se um rendimento superior a 70% do rendimento com a aplicação de 90 kg. ha⁻¹ de N mineral. Resultados propícios também foram obtidos por Brito *et al.*, (2011), testando novas linhagens de feijoeiro do grupo preto, inoculadas com *R. tropici* demonstraram produtividades semelhantes àquelas adubadas com 80 kg.ha⁻¹ de N mineral, independentemente do local de cultivo. E a mesma tendência foi alcançada por Hungria *et al.*, (2003), nos seus experimentos com a inoculação atingiram ganhos médios de 437 e 465 kg.ha⁻¹ com as estirpes de *R. tropici* CPAC H12 e CPAC H20, respectivamente comparados às plantas que receberam 60 kg.ha⁻¹ de N.

2.3 Molibdênio

O molibdênio é um micronutriente essencial constituinte de algumas enzimas, encontrado em pequenas concentrações nas plantas geralmente, entre 0,10 e 5,00 mg.kg⁻¹

(Kariman; Cox, 1979). Concentrações acima e abaixo dessa faixa podem ser prejudiciais ao desenvolvimento normal das plantas. Abaixo de $0,10 \text{ mg.kg}^{-1}$, causam problemas no metabolismo do nitrogênio, e acima de $5,00 \text{ mg.kg}^{-1}$, podem ser tóxicas às plantas (SOUSA *et al.*, 1980).

Este micronutriente ocorre no solo na forma de ânion de molibdato MoO_4^{-2} , apresentando maior disponibilidade em solos alcalinos, uma vez que o ânion molibdato fixado é deslocado dos sítios de troca pelas hidroxilas (MALAVOLTA, 1980); e a sua máxima adsorção é em pH 4 (MENGEL; KIRKBY, 1987). Ele é absorvido principalmente como molibdato (MoO_4^{-2}) e, nessa forma, é transportado pelo xilema (FONSECA, 2006).

O molibdênio faz parte de um número muito grande de reações no metabolismo da planta (FONSECA, 2006). Ele se destaca por ser constituinte estrutural de pelo menos três enzimas relacionadas ao metabolismo do N, a nitrogenase, a nitrato redutase e a xantina desidrogenase, enzima atuante no catabolismo de purinas e, portanto, da síntese de ureídeos que, em leguminosas, como soja e feijão, são os principais componentes nitrogenados nos nódulos (MARSCHNER, 1995; OLIVEIRA *et al.*, 1996).

Como resposta a aplicação de Mo, ocorre um incremento das taxas de atividade de ambas as enzimas, assim como o prolongamento do período de atividade destas (LOPES *et al.*, 2014; MATOSO; KUSDRA, 2014), repercutindo em incremento de produtividade para as culturas, ao final do ciclo do feijoeiro uma produtividade de três vezes superior às plantas sem uso de Mo (PESSOA *et al.*, 2000).

A aplicação do molibdênio pode ser feita por três vias: solo, semente e foliar. Quanto a associação da inoculação e o tratamento via semente, Albino e Campo (2001) concluíram que em virtude de seu contato com o inoculante, reduz o número de células de *Bradyrhizobium*, a nodulação e a FBN. Quanto a aplicação foliar, Andrade *et al.*, (1998) observaram aumento no número de vagens por planta com a aplicação do Mo no feijoeiro, em que a aplicação de 75 g.ha^{-1} de Mo promoveu maior acúmulo de matéria seca nas hastes e ramos, folhas, vagens e grãos, o que resultou em acréscimo no rendimento de grãos, número de vagens.planta⁻¹, número de grãos.vagem⁻¹ e peso médio de 100 grãos. Em concordância aos resultados de Andrade *et al.*, (1998), Ascoli *et al.*, (2008) concluíram que aplicação de Mo via foliar aumenta a produtividade de sementes e a matéria seca da parte aérea de plântulas do feijoeiro irrigado, cultivado em solo arenoso, independentemente da época de aplicação (15 ou 26 DAE).

Trabalhos vêm demonstrando que a dose de Mo via foliar que proporciona a maior produtividade de feijão está entre 80 e 90 g.ha^{-1} (BERGER *et al.*, 1996; PESSOA *et al.*, 2000)

e, segundo Berger *et al.*, (1996), a melhor época de aplicação situa-se entre 14 e 28 dias após emergência (DAE).

As fontes mais comuns desse micronutriente são o molibdato de amônio ($[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}]$, 54% de Mo solúvel em água) e o molibdato de sódio ($\text{Na}_2\text{MoO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 39% de Mo solúvel em água) (SILVA *et al.*, 2003). E o que se pode notar em ambas, segundo Silva *et al.*, (2003) é que podem ser indiferentemente utilizados como fonte de Mo para aplicação foliar no feijoeiro.

2.4 Inoculante alternativo

Nos últimos anos alguns trabalhos têm apresentado alternativas à inoculação tradicional (ROCHA, 2013). Dentre essas alternativas, Rumjaneck *et al.*, (2017) através de experimentos a campo comprovou a eficiência da inoculação com estirpes localmente adaptadas, por meio de um inoculante alternativo de preparado de raízes finas na cultura do feijão - caupi (*Vigna unguiculata*) que elevou a produtividade em até 33%. Resultados complementares foram apresentados por Reis *et al.*, (2018) concluindo que o inoculante proporciona maior crescimento vegetativo, nodulação e eficiência na absorção da radiação solar, em condições de casa de vegetação.

O que eleva ainda os benefícios do inoculante alternativo é que, este utiliza bactérias já adaptadas as condições do solo local. Essa prática é uma alternativa para o pequeno agricultor, que usualmente não tem acesso aos inoculantes comerciais (RUMJANECK *et al.*, 2017).

O procedimento descrito é simples: nódulos ativos (cor rosa) são extraídos das raízes, lavados, homogeneizados em liquidificador em água com açúcar (WUTKE, 2012). No extrato obtido estará presente a população de rizóbios associados ao sistema radicular e que promoverá a nodulação das plantas posteriormente tratadas (RUMJANECK *et al.*, 2017). Essa prática é benéfica para a manutenção e o aumento da população de espécies de rizóbios mais adaptadas à região onde se localiza a unidade de produção (ROCHA, 2013).

Apesar dos experimentos citados, não há estudos que mostram a relação desse inoculante alternativo com a adubação molíbdica, de como a adubação interfere na comunidade bacteriana selecionada para o tratamento das sementes. Diante disso, a exploração desse recurso nos propõe um novo cenário de pesquisa.

3 METODOLOGIA

O experimento foi executado no período de outubro de 2020 a março de 2021, em casa de vegetação na Zona Rural de Virginópolis, Córrego do Mexerico, localizado na região Leste do Estado de Minas Gerais, no Vale do Rio Doce, à altitude de 743 m. Segundo Köppen e Geiger (1936), o clima da região é Cfa, caracterizado como quente e temperado. A temperatura média anual de 20,2 °C, com precipitação média anual estimada de 1.422 mm.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 5×2, com quatro repetições, cinco concentrações de extrato de raízes (0, 25, 75, 50 e 100%); com ou sem adubação foliar com molibdênio (T0: testemunha; T1: adubação foliar com molibdênio na dose de 80 g.ha⁻¹; T2: dose 25% do extrato de raízes + adubação foliar com molibdênio; T3: dose 25% de extrato de raízes; T4: dose 50% de extrato de raízes + adubação foliar com molibdênio; T5: dose 50% de extrato de raízes; T6: dose 75%+ adubação foliar com molibdênio; T7: dose 75% de extrato de raízes; T8: dose 100% + adubação foliar com molibdênio e T9: dose 100% de extrato de raízes.). Para a obtenção da suspensão de raízes finas noduladas de feijão-comum, foram seguidos os procedimentos metodológicos descritos por Rumjanek *et al.*, (2017).

A coleta das raízes foi feita próximo ao início do período de floração das plantas matrizes. As plantas matrizes foram obtidas de uma área com histórico de plantio da cultura do feijão, localizada na Zona Rural de Virginópolis, Córrego do Mexerico. Após o descarte da parte aérea, o sistema radicular foi removido juntamente com a estrutura de solo aderida (Figura 1). Em seguida, o material coletado foi colocado sobre uma peneira de malha fina (2 mm) e submetido à lavagem com água corrente. Foram selecionadas e coletadas as raízes mais finas em associação com os nódulos, localizadas próximas ao coleto. Ao final dessa etapa, foi obtida uma quantia de raízes equivalente a 30 ml, que foram trituradas por cinco minutos no liquidificador, com a adição de 75 ml de água filtrada sem cloro e 1 ml de solução açucarada (açúcar refinada).

A suspensão obtida foi coada em peneira de malha fina, obtendo-se assim, a solução estoque (extrato bruto) (Figura 2). Para o tratamento das sementes, foram utilizadas seis concentrações diferentes (0% água filtrada; 25% de água filtrada em 75% de solução estoque; 50% de água filtrada em 50% de solução estoque; 75% de água filtrada em 25% de solução estoque e 100% de água filtrada). Logo após, 50 g de sementes de feijão-comum preto, cultivar BRS Esteio (Peso de 100 sementes, 24 g) foram imersas por cerca de 20 minutos na suspensão

de volume igual 40 ml, conforme cada tratamento posteriormente, foram distribuídas sobre papel absorvente, onde permaneceram por uma hora, em local sombreado.

Figura 1: Raízes noduladas das plantas matrizes



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Figura 2: Extrato de raízes finas noduladas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

A semeadura foi feita no mesmo dia que a inoculação, em vasos plásticos com capacidade para 25 litros, contendo 5 sementes em cada (Figura 3).

Figura 3: Emergência das sementes 3 DAS.



Fonte: Ismael Rodrigues, 2021

Figura 4: Desbaste 7 DAE.



Fonte: Ismael Rodrigues, 2021

O solo de barranco para o enchimento dos vasos foi retirado à 20 cm de profundidade. Este foi submetido a uma análise química (Tabela 2) e posteriormente, feita as correções necessárias, conforme os resultados da mesma (calagem e adubação nitrogenada, fosfatada e potássica, tendo como fontes respectivamente, uréia 45% de N, superfosfato simples 18% de P_2O_5 e Cloreto de potássio 58 % de K_2O , consoante as recomendações destes macronutrientes para a cultura no nível de tecnologia 2 com base a 5ª Aproximação). Seguindo a metodologia de Reis *et al.*, (2018), foi feito o primeiro desbaste aos cinco dias após a emergência (DAE), deixando-se três plântulas e o segundo, aos sete (DAE), mantendo-se 2 plântulas por vaso (Figura 4).

Tabela 2- Análise química do solo utilizado no experimento.

pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+ Al)	SB	(t)	(T)	V	m	MO	(P- rem)
H ₂ O	mg.dm ⁻³				cmolc.dm ⁻³				---	%	---	dag.Kg ⁻¹	mg.L ⁻¹
5,58	3,17	35,3	0,24	0,19	0	1,8	0,52	0,52	2,32	22,5	0	0,55	5,03

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

pH em água 1:2:5. P – K Extrator Mehlich 1; Ca- Mg – Al Extrator SMP; MO – Oxidação: Na₂Cr₂O₇ 4N+ H₂SO₄ 10 N

O fornecimento de água foi realizado com regas manuais e diárias com volume aproximado de 1litro/ planta/ dia (REIS *et al.*, 2018). As plantas de feijão foram adubadas com molibdênio foliar (molibdato de sódio 39% de Mo) aos 15 DAE das plântulas, em que representa a definição entre os estádios V e V4, onde a planta apresenta o primeiro ou segundo trifólio expandido (PIRES *et al.*, 2004), na dose 0 e 80 g.ha⁻¹ (Figura 5).

Figura 5: Realização da adubação foliar molíbdica.



Fonte: Adelmo Miranda, 2021

No início da floração (29 DAP), foram avaliados o comprimento da raiz e da parte aérea, diâmetro de coleto, massa seca parte aérea e raiz, número de nódulos, volume de raiz e a quantidade de nitrogênio acumulado nas folhas. A contagem do número de nódulos foi realizada manualmente (Figura 6), o comprimento da parte aérea e das raízes com a utilização de uma fita métrica (Figura 7), o diâmetro de coleto com um paquímetro digital, e o volume de raízes com scanner de raízes. A determinação da quantidade de nitrogênio nas plantas foi feita pelo método de Kjeldahl (1883).

Figura 6: Preparo para contagem dos nódulos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Figura 7: Aferição do comprimento de raiz e altura de parte aérea



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias dos tratamentos, quando significativas, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2003).

4 RESULTADOS E DISCURSÕES

Para o presente trabalho foi observado diferença significativa ($p > 0,05$) para as variáveis relação MSPA/MSR; número de nódulos (NN) e massa seca de parte aérea (MSPA) (Tabela 3).

Tabela 3 – Resumo da análise de variância (Anova) para as variáveis relação massa seca de parte aérea e massa seca de raiz (MSPA/MSR); NN e MSPA

FV	GL	MSPA/MSR (%)	NN	MSPA (g)
		QM	QM	QM
Bloco	3	0,3462 ^{ns}	209,3667 ^{ns}	0,2554 ^{ns}
Tratamento	9	4,5032*	1353,3444*	4,1603*
Erro	27	1,7207	571,2926	1,3584
Total	39			
CV (%)		23,03	75,52	28,61

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

^{ns}: não significativo; *: significativo a 5 % pelo Teste Tukey. CV: Coeficiente de variação.

Nesse estudo, observou-se aos 29 DAP que as plantas oriundas das sementes inoculadas com 25% do inoculante com a adubação foliar de 80 g. ha⁻¹ de molibdênio apresentaram diferenças significativas para NN e MSPA em relação à testemunha, sendo que para os demais tratamentos não houve diferenças na aplicação do extrato e o uso do adubo foliar (Tabela 4).

Tabela 4: Efeito da inoculação com o extrato de raízes noduladas em diferentes concentrações e adubação foliar com molibdênio sobre o crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) cv. BRS Esteio aos 29 DAP.

Tratamentos	NN	MSPA (g)	MSPA/ MSR (%)
(T0) Testemunha	5,50 a	3,16 a	6,66 ab
(T1) Mo	36,25 ab	4,51 ab	6,35 ab
(T2) 25% In+ Mo	66,50 b	6,65 b	8,08 b
(T3) 25% In	19,25 ab	3,64 ab	5,04 ab
(T4) 50% In + Mo	31,25 ab	4,52 ab	5,39 ab
(T5) 50% In	26,00 ab	3,70 ab	4,59 a
(T6) 75% In + Mo	18,00 ab	3,55 ab	5,63 ab
(T7) 75% In	58,50 ab	3,63 ab	4,73 a
(T8) 100% In + Mo	27,75 ab	4,11 ab	5,27 ab
(T9) 100% In	27,50 ab	3,24 ab	5,20 ab

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

NN= Número de nódulos. MSPA = Massa seca da parte aérea. Relação de massa seca de parte aérea por massa seca de raízes.

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos em T9 quanto às respostas à inoculação alternativa em uma única dose (100%) diferem dos apresentados por Rocha (2013), em que aos 28 DAP as plantas que receberam o extrato apresentaram maior média em número de nódulos, diferindo-se estatisticamente da testemunha, assim como também para análise de biomassa aérea, em comparação às plantas de controle, o inoculante alternativo promoveu um incremento de 0,22 g de MSPA.planta⁻¹.

As plantas de T2 nodularam 91,7% e 45,5% a mais que as plantas do tratamento controle (T0) e as plantas que receberam apenas a dose de molibdato de sódio (T1), respectivamente. Os resultados obtidos com a nodulação com o extrato de nódulos concordam com as descrições realizadas por Vargas *et al.*, (1991) e Straliozzo (2002), destacando que valores superiores a 20 nódulos por planta indicam boa nodulação embora Câmara (2000) e Toller *et al.*, (2009) ressaltam que a massa seca de nódulos proporciona melhor correlação com eficiência de nodulação e produtividade.

Não foi observada diferença significativa entre as plantas das unidades que receberam a adubação foliar com molibdênio nas diferentes concentrações do inoculante (T2; T4; T6; T8) para a variável NN. Resultados semelhantes foram observados por Torres *et al.*, (2014), na qual diferentes doses de molibdênio (aos 17 DAE) não influenciaram no número de nódulos.

A quantidade de nódulos pode estar fortemente associada também a quantidade de rizóbios nativos e aos fatores intrínsecos do ambiente em que as bactérias fixadoras se encontram (REIS *et al.*, 2018). São muitos os exemplos na literatura onde não se observa efeito da aplicação de molibdênio no número de nódulos, possivelmente porque a adição deste micronutriente pode estar associada com a elevação da eficiência do nódulo, pela maximização da atividade da enzima nitrogenase, e não com a elevação do número de nódulos por planta (JACOB NETO; FRANCO, 1989; ALVES, 2002).

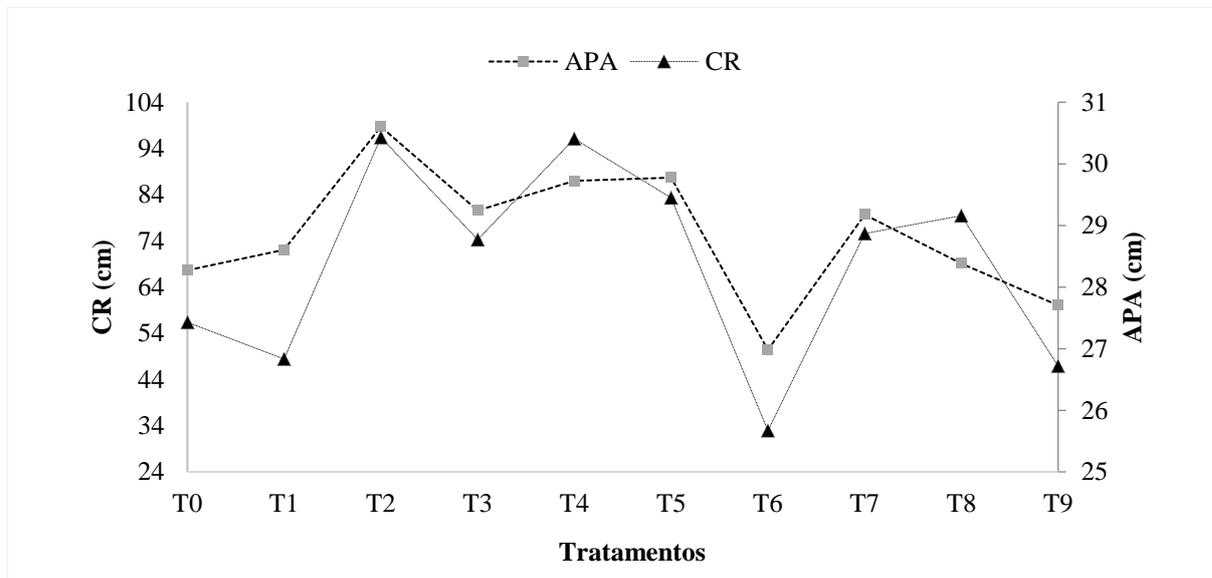
Em contrapartida, as plantas que receberam a adubação molíbdica foliar apresentaram maior produção de matéria seca de parte aérea, associado até a concentração de 50% do inoculante, com as plantas de sementes inoculadas à 25% de diluição apresentando-se estatisticamente superiores às testemunhas (Tabela 4). Isoladamente, a adubação foliar promoveu um incremento de 1,35 g de massa seca de parte aérea (T1) em comparação à testemunha e a combinação dos dois fatores na melhor resposta (T2) (adubação x inoculação) proporcionaram um incremento de 3,49 g, comparado a mesma. Resultados semelhantes foram aferidos por Fernandes *et al.*, (2005), que observaram efeito linear positivo do Mo sobre a massa seca da planta e Lopes (2013), em que a aplicação foliar de 80 g.ha⁻¹ de Mo aumentou em 10,62% a massa seca da parte aérea.

A massa seca da parte aérea é parâmetro imprescindível de ser avaliado, uma vez que apresenta alta correlação com o N total acumulado pelas plantas (BOHRER; HUNGRIA, 1998; HUNGRIA; BOHRER, 2000; TOLLER *et al.*, 2009). Segundo Tritan *et al.*, (2007) considerando a correlação desse micronutriente na fisiologia da fixação de nitrogênio, espera-se um aumento na atividade da enzima nitrato redutase, em função de crescentes concentrações de molibdênio, melhorando a assimilação líquida de CO₂ e conseqüentemente aumentando a taxa de crescimento das plantas.

Para a variável MSPA/MSR, observou-se diferença significativa entre o T2 e os tratamentos que receberam as concentrações de 50 e 75% do extrato alternativo sem adubação foliar (Tabela 4). Não foi observado uma resposta padrão estatisticamente significativa, de modo que a menor concentração do inoculante em associação a adubação molíbdica, as testemunhas e as parcelas que receberam apenas adubação molíbdica apresentaram uma maior relação (T0; T1; T2) e as plantas dos tratamentos T5, T7 e T3 uma menor relação. Rocha (2013) aferiu aos 30 DAP que as plantas de feijão inoculadas com extrato de nódulos mostraram superioridade estatística em relação as testemunhas na razão parte aérea/raiz. Tal observação está relacionada a uma maior ou menor proporção da parte aérea das plantas, relativo à características qualitativas e, ou quantitativas das folhas e ramos ou há uma partição mais homogênea entre raiz e parte aérea (FRIGERI, 2007) (Figura 8), uma vez que não houve diferença significativa para o volume de raízes e massa seca de raiz entre os tratamentos (Tabela 5), o que não deve ser relacionado com o número ou massa seca dos nódulos, uma vez que após a contagem, parte desses foram perdidos em água corrente para a determinação das variáveis anteriormente citadas.

Segundo Moreira (2004), o acúmulo e a partição de fitomassa seca em plantas de feijão são condicionados pela disponibilidade (quantidade e posicionamento) de fósforo no solo e o decréscimo nessa relação é relacionado à elevada partição de carboidratos alocados para as raízes em plantas deficientes em fósforo, indicado pelo aumento na quantidade de sacarose nas raízes (MARSCHNER, 2002). Como esse macronutriente fez parte da adubação base de todas as parcelas, justifica-se a não diferença estatística para as variáveis volume e massa seca de raízes.

Figura 8 - Comprimento de raiz (CR) e altura de parte aérea (APA) de *Phaseolus vulgaris* L. em função das doses do inoculante e adubação foliar molíbdica.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

T0: Testemunha; T1: Adubação com molibdênio; T2: 25% inoculante + Adubação com molibdênio; T3: 25% inoculante; T4: 50% inoculante + Adubação com molibdênio; T5: 50% inoculante; T6: 75% inoculante + Adubação com molibdênio; T7: 75% inoculante; T8: 100% inoculante + Adubação com molibdênio; T9: 100% inoculante.

Tabela 5 – Resumo da análise de variância (Anova) para as variáveis VR e MSR.

FV	GL	VR (cm ³)	MSR (g)
		QM	QM
Bloco	3	0,7797 ^{ns}	0,0162 ^{ns}
Tratamento	9	6,5378 ^{ns}	0,0440 ^{ns}
Erro	27	5,5204	0,6935
Total	39		
CV (%)		48,40	35,37

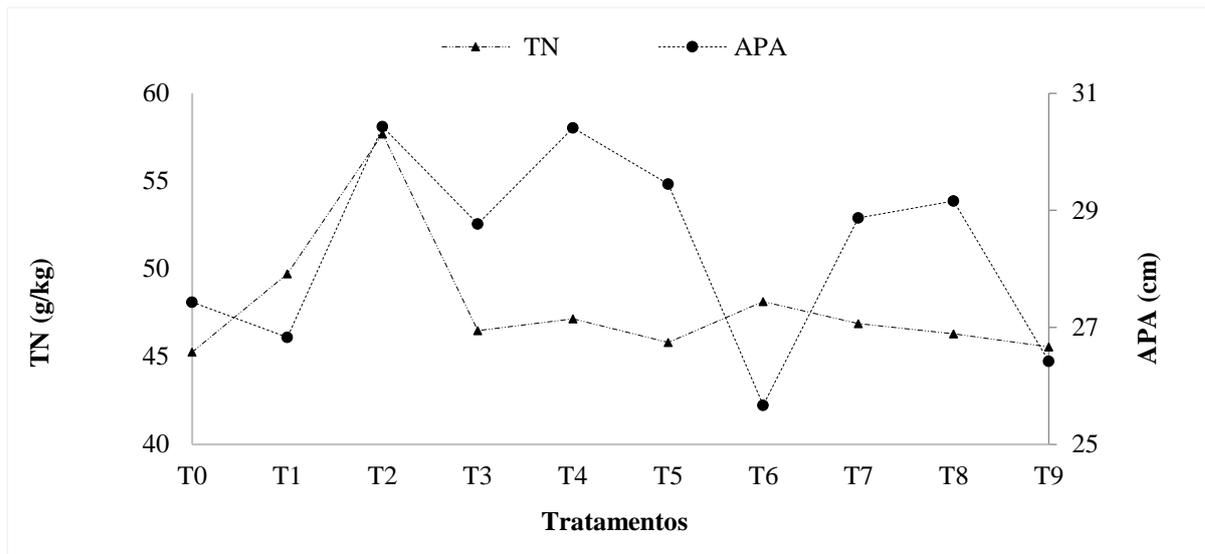
Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

^{ns}: não significativo a 5 % pelo Teste Tukey. CV: Coeficiente de variação. VR: Volume de raiz; MSR: Massa seca de raiz.

A disponibilidade de recursos abióticos influencia diretamente no equilíbrio funcional (BROUWER, 1983) em que o crescimento da raiz está sob controle de fotoassimilados e o crescimento da parte aérea limitado pelos nutrientes disponíveis para a raiz (THORNLEY, 1995). As plantas direcionariam a alocação de biomassa para a parte aérea se o ganho de carbono for limitado por baixa disponibilidade de recursos como, luz e CO₂ ou para as raízes, sob limitação de nutrientes minerais e água (POORTER; NAGELL, 2000). Desse modo, considerando que o erro experimental associado a estes recursos foi estimado, validado e reduzido neste experimento, pode-se intrinsecamente relacionar o maior ou menor crescimento

aéreo à inoculação das sementes e, ou adubação foliar em consequência da fixação biológica de nitrogênio nas unidades onde a nodulação correspondeu ao maior acúmulo de nitrogênio (Figura 9).

Figura 9- Relação entre o teor de nitrogênio (TN) e altura da parte aérea (APA) em *Phaseolus vulgaris* L. em função das doses do inoculante e adubação foliar molibídica.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

T0: Testemunha; T1: Adubação com molibdênio; T2: 25% inoculante + Adubação com molibdênio; T3: 25% inoculante; T4: 50% inoculante + Adubação com molibdênio; T5: 50% inoculante; T6: 75% inoculante + Adubação com molibdênio; T7: 75% inoculante; T8: 100% inoculante + Adubação com molibdênio; T9: 100% inoculante.

Aos 29 DAP observou-se diferença estatística entre os tratamentos para a variável TN, sugerindo que os microrganismos contidos no extrato de nódulos foram eficientes no acúmulo de N na parte aérea das plantas (Tabela 6).

Tabela 6 – Resumo da análise de variância (Anova) para as variáveis APA e TN.

	GL	APA (cm)	TN (g/kg)
		QM	QM
Tratamento	9	11,0753 ^{ns}	54,4387*
Bloco	3	11,9186 ^{ns}	15,6489 ^{ns}
Erro	27	13,3054	15,3539
Total	39		
CV (%)		12,87	8,18

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

^{ns}: não significativo; *: significativo a 5 % pelo Teste Tukey. CV: Coeficiente de variação. APA: Altura de parte aérea; TN: Teor de nitrogênio

Observou-se que entre os tratamentos T1 e T5 a resposta da relação TN/APA foi convergente para as duas variáveis, em que o maior acúmulo de nitrogênio nas folhas resultou em maior crescimento aéreo, embora não tenha sido observado diferença significativa para a variável APA (Figura 9). Esse resultado difere dos apresentados por Rocha (2013), em que ao 28 DAP, o extrato de nódulos não influenciou significativamente no acúmulo de nitrogênio em plantas de feijão cv. Ouro vermelho. Entre as parcelas que receberam o tratamento com o inoculante alternativo, as oriundas T6 foram as que apresentaram menores respostas para a variável APA embora, para a análise do teor de nitrogênio nas folhas tenha se apresentado estatisticamente igual aos demais tratamentos, exceto a T2. Esse mesmo autor, estimou-se número mais provável de células formadoras de nódulos (NMP) em feijão vermelho, apontando a concentração de bactérias capazes de formar nódulos em 2×10^5 células mL⁻¹ de extrato e a diluição de 10^{-4} sugerida como a concentração ótima de bactérias fixadoras de N e outras características benéficas em relação à capacidade de colonização e nodulação de raízes.

Os resultados encontrados nesse estudo descrevem um comportamento não padrão na mediana dos extremos (25% ou 100%) e dependente da concentração de bactérias potencialmente fixadoras de nitrogênio incorporadas ao inoculante. A não diferença estatística observada nas variáveis intrínsecas ao acúmulo de nitrogênio, possivelmente está relacionada ao nitrogênio incorporado na adubação base ($50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) de todos os tratamentos. Sugere-se que o baixo potencial ou concentração de bactérias fixadoras foi suprido pelo nitrogênio mineral, e uma maior concentração dessas bactérias efetivas em uma determinada concentração elevaram-se os índices a parte dos obtidos com o N- uréia.

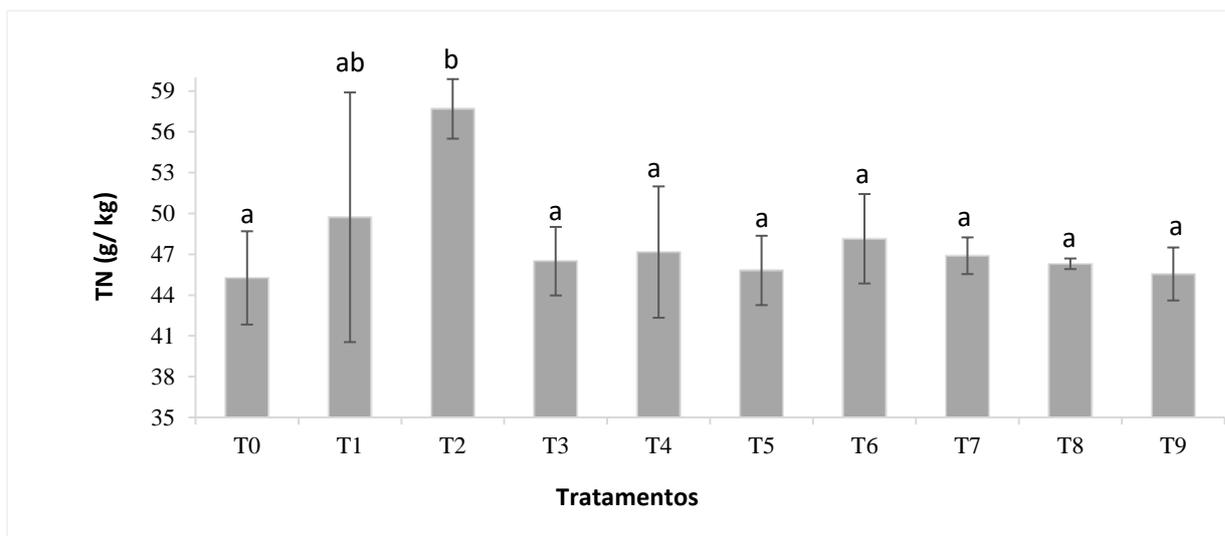
As plantas de T2 teve em média 21,5% de acúmulo de nitrogênio em comparação as testemunhas, diferenciando-se estatisticamente destas. Neste estudo, foi observado que a combinação entre a menor dose do inoculante (25%) e a adubação molíbdica promoveu um incremento de $7,93 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de nitrogênio nas folhas, quando se compara às plantas que receberam apenas o Mo (T1), e adubação molíbdica em si, $4,46 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de nitrogênio em comparação a testemunha (Figura 10).

O teor médio de nitrogênio acumulados nas folhas das plantas de todos os tratamentos são superiores ou equivalentes a faixa ideal desse macronutriente, que se encontra entre 30 a $50 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, com T2 se diferenciando estatisticamente da testemunha e um acúmulo de 15,38% acima do nível máximo da faixa ideal (VIÇOSI; PELÁ, 2020). Todavia, esse acúmulo não influenciou significativamente no crescimento das plantas de feijão das parcelas. Há condições em que o aumento da concentração do nutriente não resulta em aumento da produção. Neste caso a planta absorve e acumula o nutriente, mas não responde em crescimento, ocorrendo aumento da sua

concentração (teor) nos tecidos da planta, o que é denominado de zona ou faixa de luxo ou ainda zona adequada (TAIZ E ZAIGER, 2013).

Nota-se uma grande variação, estatisticamente significativa, entre os tratamentos da dose 25% (T2 e T3) em que se alternam com adubação foliar de molibdênio. O Mo é essencial ao crescimento e desenvolvimento das plantas, uma vez que é componente de duas enzimas importantes no metabolismo do nitrogênio, a nitrogenase, essencial à fixação do N do ar nos nódulos radiculares, e a redutase do nitrato, indispensável ao aproveitamento dos nitratos absorvidos pelo feijoeiro assim, a aplicação foliar desse micronutriente eleva os teores de nitrogênio nas folhas do feijoeiro (EPSTEIN 1975; MALAVOLTA 1980; BARBOSA *et al.*, 2010).

Figura 10 – Médias dos teores de nitrogênio nas folhas de *Phaseolus vulgaris L.* pelo método de Kjeldahl em função dos tratamentos.



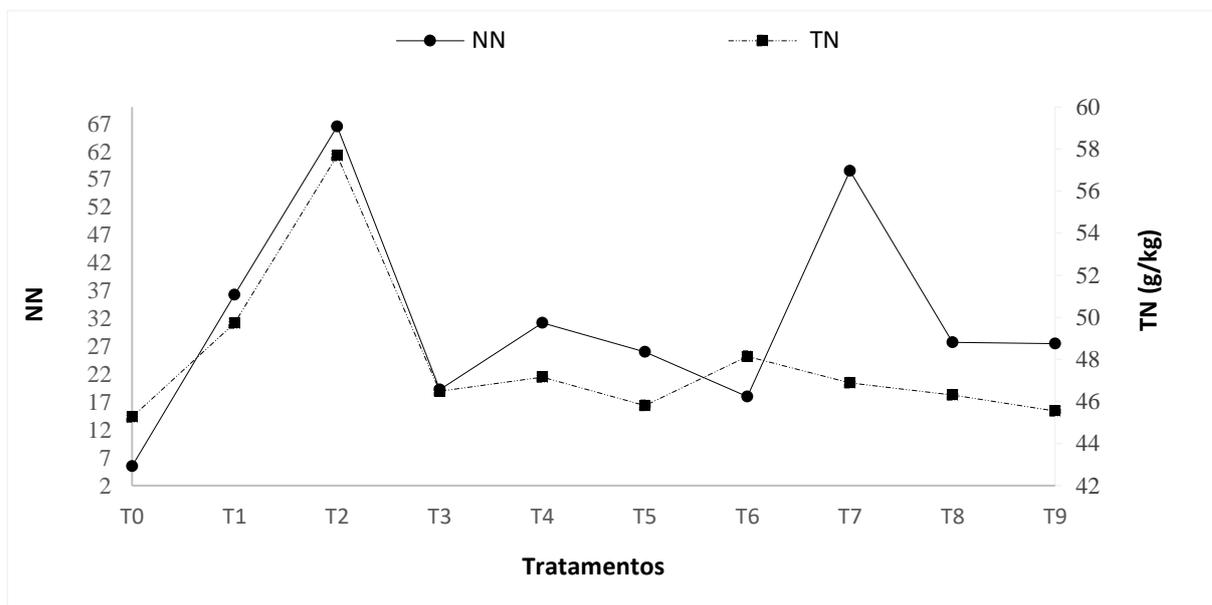
Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV = 8,18%. T0: Testemunha; T1: Adubação com molibdênio; T2: 25% inoculante + Adubação com molibdênio; T3: 25% inoculante; T4: 50% inoculante + Adubação com molibdênio; T5: 50% inoculante; T6: 75% inoculante + Adubação com molibdênio; T7: 75% inoculante; T8: 100% inoculante + Adubação com molibdênio; T9: 100% inoculante.

Os melhores resultados absolutos e, ou estatísticos observados para o T2 para essas e demais variáveis pode ser um indicativo que, no momento da inoculação, na qual utilizou-se todo o sistema radicular em associação aos nódulos das plantas matrizes, grande parte da população de organismos benéficos e maléficos associados a estas foram incorporadas ao extrato. Nas maiores doses do extrato provavelmente apresentaram maiores concentrações de organismos antagonísticos, que reduziram a capacidade de desenvolvimento das plantas.

A cultura do feijão caracteriza-se pela elevada promiscuidade na relação com bactérias diazotróficas, tendo o seu sistema radicular colonizado por diferentes espécies de organismos (FONSECA, 2011). Diante disso, bactérias menos eficientes na fixação do nitrogênio podem associar-se ao sistema radicular reduzindo a eficiência da fixação. Tal resposta foi observada nas maiores concentrações do inoculante como em T7, em que uma maior dose do inoculante estimulou maior formação de nódulos (embora não diferir estatisticamente de T0), porém com uma baixa fixação de nitrogênio (Figura 11).

Figura 11 - Relação entre o número de nódulos (NN) e teor de nitrogênio (TN) em *Phaseolus vulgaris* L. em função das doses do inoculante e adubação foliar molíbdica.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

T0: Testemunha; T1: Adubação com molibdênio; T2: 25% Inoculante + Adubação com molibdênio; T3: 25% inoculante; T4: 50% Inoculante + Adubação com molibdênio; T5: 50% Inoculante; T6: 75% Inoculante + Adubação com molibdênio; T7: 75% Inoculante; T8: 100% Inoculante + Adubação com molibdênio; T9: 100% inoculante.

Segundo Pugashetti *et al.*, (1982) há um grande número de microrganismos presentes na comunidade microbiana do solo que são antagonísticos ou parasitas ao rizóbio e seu efeito principal está na alteração do tamanho e composição da população microbiana, o qual pode resultar em uma vantagem numérica para certas estirpes ou grupos de rizóbio, podendo levar a uma alteração na ocupação nodular.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O inoculante obtido com o extrato de raízes finas noduladas apresenta-se como uma alternativa sustentável e passível de ganhos, todavia, a técnica necessita de aprofundamento, experimentos e estudos, a fim de ser aprimorada, aperfeiçoada e relevante às características de fixação de nitrogênio da cultura do feijoeiro, levando-se assim, ganhos e expressividade, principalmente ao pequeno produtor.

De modo semelhante a cultura da soja (*Glycine max*), a seleção de genótipos superiores para essa característica na cultura é uma necessidade válida e exploratória aos argumentos de sustentabilidade, reduzindo os custos de produção, elevando o potencial da cultura em se beneficiar da FBN e por consequência, restringindo o impacto negativo causado ao ambiente pela dinâmica de perdas do nitrogênio no sistema produtivo.

6 CONCLUSÕES

O tratamento de sementes de feijão da cultivar BRS Esteio com 25% do inoculante em combinação com a adubação foliar com molibdênio na dose de 80 g. ha⁻¹ aos 15 DAE em condições experimentais, teve melhores resultados, com respostas estatisticamente superiores para o número de nódulos, massa seca de parte aérea e teor de nitrogênio em plantas de feijão, em comparação a testemunha.

A concentração de 75% do inoculante apresentou-se com o menor desempenho dentre as concentrações testadas do inoculante alternativo para as características de parte aérea e raiz, assim como no acúmulo de nitrogênio, diferenciando estatisticamente de T2 sob essas variáveis.

REFERÊNCIAS

- ARF, O.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P.; FERRARI, S. **Aspectos gerais da cultura do feijão** (*Phaseolus vulgaris*). FEPAF, 2015. 433 p. Disponível em: [www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1029580&biblioteca=vazio&busca=autoridade:"LEMOS, L.B."&qFacets=autoridade:"LEMOS, L.B."&sort=&paginaacao=t&paginaAtual=1](http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1029580&biblioteca=vazio&busca=autoridade:) Jun. 2021
- AGUIAR, A.G. **Cultura do feijão**. Barra da Estiva- BA, 2013. Disponível em: http://www.ifcursos.com.br/sistema/admin/arquivos/11-08-23culturadofeijao_2%C2%AAaula.AAaula.pdf> Acesso em: 20 jul.2019.
- AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. **Produção de feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, p. 122-153. 2002. Disponível em: [www.unoeste.br/site/enepe/2017/suplementos/area/Agrariae/Agronomia/PRODUÇÃO%20DO%20FEIJOEIRO%20COMUM%20\(Phaseolus%20vulgaris%20L.\)%20SOB%20DIFERENTES%20DOSES%20DE%20FERTILIZANTES.pdf](http://www.unoeste.br/site/enepe/2017/suplementos/area/Agrariae/Agronomia/PRODUÇÃO%20DO%20FEIJOEIRO%20COMUM%20(Phaseolus%20vulgaris%20L.)%20SOB%20DIFERENTES%20DOSES%20DE%20FERTILIZANTES.pdf). Acesso em: abr.2020.
- ALBINO, Ulisses Brigatto; CAMPO, Rubens José. Efeito de fontes e doses de molibdênio na sobrevivência do *Bradyrhizobium* e na fixação biológica de nitrogênio em soja. **Pesquisa Agropecuária**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 527-534, jun. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v36n3/4797.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2020.
- ALCÂNTARA, R. M. C. M. et al. **Estado atual da arte quanto à seleção e o melhoramento de genótipos para a otimização da FBN**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009.
- ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. **The success of BNF in soybean in Brazil**. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 252, n. 1, p. 1-9, 2003.
- ALVES, J.M.; GUIMARÃES, E.C.; ALVES, J.S.; JACOB-NETO, J. Aplicação foliar de molibdênio em caupi (*Vigna unguiculata* L. WALP). **Revista Universidade Rural, Série Ciência da Vida**, V. 22, n. 2, p. 193-197, 2002, Suplemento.
- ANDRADE, M. J. B.; DINIZ, A. R.; CARVALHO, J. G.; LIMA, S. F. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 22, n. 2, p.499-508, 1998.
- ASCOLI, Alexandre Araújo; SORATTO, Rogério Peres; MARUYAMA, Wilson Itamar. Aplicação foliar de molibdênio, produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro irrigado. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 377-384, nov. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v67n2/a13v67n2.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2020
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES E IMPORTADORES DE INOCULANTES (ANPII) (São Paulo). **Comercialização de inoculantes no Brasil**. Disponível em: <<http://www.anpii.org.br/artigos/>>. Acesso em: 10 out. 2019.
- BARBOSA, G.F.; ARF, O.; NASCIMENTO, M.S.; BUZETTI, S.; FREDDI, O.S. Nitrogênio em cobertura e molibdênio foliar no feijoeiro de inverno. Maringá, 2010. Disponível em < https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext;pid=S1807-86212010000100017> Acesso em: Mai. 2021.

BERGER, P.G.; Vieira, C.; ARAÚJO, G.A.A. 1996. **Efeito de doses e épocas de aplicação do molibdênio sobre a cultura do feijão**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 31 (7): 473-480. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aa/v39n4/v39n4a02.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2019.

BERTOLO, G.B; PELISSER, A; SILVA, R.P; FAVRETO, R; OLIVEIRA, L.A.D. **Alternativas na fertilização de feijão visando a reduzir a aplicação de N-ureia**. Goiânia, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pat/v45n3/1517-6398-pat-45-03-0348.pdf>. Acesso em: ago.2019.

BOHRER, T. R. J.; HUNGRIA, M. Avaliação de cultivares de soja quanto à fixação biológica do nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.937-953, 1998. Disponível em: <<https://www.eventosolos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/1749.pdf>>. Acesso em: Mai. 2021.

BRITO, O. R.; OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M.; OTSUBO, V. H. N. Inoculação com *Rhizobium tropici* e a adubação nitrogenada em linhagens de feijão preto. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 33, 2011, Uberlândia, MG. **Anais**. Viçosa, MG: SBCS, 2011.

BROUWER, R., 1983. Functional equilibrium: sense or nonsense? *Neth. J. Agr. Sci.* 31:335-348. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/315143/1/Frigeri_RenitaBeteroCorrea_D.pdf>. Acesso em: Abr. 2021

CÂMARA, G. M. S. Nitrogênio e produtividade da soja. In:Câmara GMS (Eds.) **Soja: Tecnologia da Produção II**. Piracicaba, ESALQ/USP. p. 295-339, 2000. Disponível em: <<https://www.eventosolos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/1749.pdf>> Acesso em: Abri. 2021.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: Novais, R. F.; Alvarez, V. H. V.; Barros, N. F. de; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. 7, p.375-470.

CASSINI, S. T. A.; FRANCO, M. C. Fixação biológica de nitrogênio: microbiologia, fatores ambientais e genéticos. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2006. p. 143-170.

Companhia Nacional de Abastecimento. Conab. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**. V.7 – SAFRA 2019/20- N.3 –Terceiro levantamento- dezembro de 2019. Disponível em <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em jun. de 2021.

Companhia Nacional de Abastecimento. Conab. **Levantamento de Safras**, 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>>. Acessos em: 20 jul.2019.

COOPAVEL. **Um show de produtividade e diversificação. 2019**. Disponível em: <https://coopavel.com.br/wp-content/uploads/2018/09/RevistaSRC-Ed003-Ago2018-210x275mm-V2.pdf>. Acesso em: jun. 2021.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; SILVA, L. M. dá; LEMOS, L. B. **Fontes e doses de nitrogênio para o feijoeiro em sucessão a gramíneas no sistema plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.545-1552, 2007, Viçosa, 2007. 600p.

DEKA, A. K.; AZAD, P.; PATRA, S. C. **Survival of Rhizobium in soil at different pH, temperature and moisture levels.** Ecology, Environment and Conservation Paper, v.12, p.751-754, 2006.

EMBRAPA. Embrapa. **FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO.** 2013. Disponível em: https://more.ufsc.br/homepage/inserir_homepage. Acesso em: jun. 2021.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975.

FARIA, L.C.; MELO, P.G.S.; PEREIRA, H.S.; WENDLAND, A.; BORGES, S.F.; PEREIRA FILHO, I.A.P.; Diaz, J.L.C.; Calgaro, M.; Melo, L.C. **Genetic progress during 22 years of black bean improvement.** Euphytica 199: 261–272. 2014.

FERNANDES, F.A.; BINOTTI, F.F.S.; ROMANINI Junior, A.; Sá, M.E.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, R.A.F. 2005. **Molibdênio foliar e nitrogênio em feijoeiro cultivado no sistema plantio direto.** Acta Scientiarum, 27 (1): 7-15.

FERREIRA, A.C.B.; ARAÚJO, G.A.A.; CARDOSO, A.A.; REZENDE, P.C.; FONTES, P.C.R.; VIEIRA, C. 2003. **Características agronômicas do feijoeiro em função do molibdênio contido na semente e da sua aplicação via foliar.** Acta Scientiarum, 25 (1): 65-72.

FERREIRA, D. F. **Programa SISVAR: Sistema de Análise de Variância.** Versão 4.6 (Build 6.0). Lavras: DEX/UFLA. 2003.

FIXAÇÃO biológica de nitrogênio. Brasília, DF: **EMBRAPA**, 2006. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-fixacao-biologica-de-nitrogenio/nota-tecnica>. Acesso em: 21 jul. 2019.

FONSECA, G.D. **Resposta de cultivares de feijoeiro comum à inoculação das sementes com estirpes de rizóbios em Minas Gerais.** Lavras, 2011. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/1785/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Resposta%20de%20cultivares%20de%20feijoeiro-comum%C3%A0%20inocula%C3%A7%C3%A3o%20das%20sementes%20com%20estirpes%20de%20riz%C3%B3bio%20em%20Minas%20Gerais.pdf. Acesso em: Abr. 2021.

FONSECA, F. C. **UTILIZAÇÃO DE MOLIBDÊNIO VIA FOLIAR NO ENRIQUECIMENTO DE SEMENTES DE SOJA.** 2006. 33 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, MG, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/12236/1/FCFonsecaDISSPRT.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2020

FRIGERI, R.B.C.; **Relação entre raiz e parte aérea de plântulas de espécies arbóreas tropicais sob diferentes níveis de radiação solar.** Campinas, 2007. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/315143>. Acesso em: Mar. 2021

FULLIN, E.A.; ZANGRANDE, M.B.; LANI, J.A.; MENDONÇA, L.F.; FILHO, N.D. 1999. **Nitrogênio e molibdênio na adubação do feijoeiro irrigado.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 34 (7): 1145-1149.

GEPTZ, P.; FERNANDEZ, F. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol comum** (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali, Colombia, CIAT. 10p. 1982.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Benefits of inoculation of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) crop with efficient and competitive *Rhizobium tropici* strains. **Biology and Fertility of Soils**, v. 39, n. 2, p. 88-93, 2003.

JANTALIA, C, P; RESENDE, A.S; ALVES, B.J.R; BODDEY. R.M. **Contribuição da Fixação Biológica de Nitrogênio na Produtividade dos Sistemas Agrícolas na América Latina.** Brasília- DF, 2006. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/biotacap7ID-1aDona7p8o.pdf>. Acesso em: 21 jul.2019.

KARIMAN, N.; COX, F.R. **Molybdenum availability as predicted from selected soil chemical properties.** Agron. J., 71:63-65, 1979.

KUSDRA, J. F. **Nodulação Do Feijoeiro E Fixação Biológica Do Nitrogênio Em Resposta À Microbiolização Das Sementes E À Aplicação De Micronutrientes.** Curitiba, 2002. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/26563/T%20-%20KUSDRA,%20JORGE%20FERREIRA.pdf?sequence=1>. Acesso em: Jul. 2021

JACOB-NETO, J.; FRANCO, A.A. **Adubação do molibdênio em feijoeiro.** Seropédica: Embrapa-CNPAB, 1988. 4p. (Embrapa-CNPAB. Comunicado Técnico, 1). Disponível em: <https://www.eventossilos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/1749.pdf>. Acesso em: Abr. 2021.

LOMBARDI, M.L.C.de O. **Fixação Biológica Do Nitrogênio Atmosférico.** Campinas- SP, 1999. Disponível em: http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/agronomico/fixacao_biologica.php. Acesso em: 21 jul. 2019.

LOPES, J.F.; COELHO, F.C.; RANGEL, O.J.P.; RABELLO, W.S.; GRAVINA, G.A.; VIEIRA, H.D. **Produtividade e qualidade do feijão adubado com níquel e molibdênio.** Campos dos Goytacazes, 2013. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t;rct=j;q=;esrc=s;source=web;cd=;cad=rja;uact=8;ved=2ahUKEwiigleFnbrwAhVAK7kGHZ3MAhsQFjAAegQIAhAD;url=http%3A%2F%2Fwww.uenf.br%2FUploads%2FPRODVEGETAL_3434_1372941051.pdf;usq=AOvVaw1eJU2upQyaeBMtBpC0Fe3c. Acesso em: Mai. 2021.

LOPES, J.F.; COELHO, F.C.; RANGEL, O.J.P.; RABELLO, W.S.; GRAVINA, G.A.; VIEIRA, H.D. Adubação foliar com níquel e molibdênio no feijoeiro comum cv. Ouro Vermelho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 2, p. 234-240, 2014. Disponível <

http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1724/1/PB_PPGAG_M_Brandelero%2C%20Fernanda%20Daniela_2016.pdf>. Acesso em: Mai. 2021

LOPES, I.H.N.C; PINHEIRO, M.V. JUNIOR, S.B.F; PRADO, V.O. **PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO INOCULADO COM *Rhizobium Tropici* E *Azospirillum Brasilense* Comparada A Adubação Nitrogenada Convencional**. Lins, SP, 2020. Disponível em: <http://www.unisalesiano.edu.br/biblioteca/monografias/63336.pdf>. Acesso em: Jul.2021

MALAVOLTA, E. **Elementos da nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980.

MARIOT, E.J. **Ecofisiologia do Feijoeiro**. In: IAPAR (Ed.). O feijão no Paraná. Londrina: IAPAR, 1989

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. .New York, Academic Press, 1995. 889p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 2002. 889p. Disponível em: http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/Desenvolvimento-do-sistema-radicular-e-da-parte-a-rea-do-feijoeiro-comum-em-fun--o-da-distribui--o-e-do-teor-de-f-sforo-no-solo---M-riam-Ferraz-Moreira.pdf. Acesso em: Abri. 2021.

MATOSO, S C. G.; KUSDRA, J. F. Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 6, p.567-573, 17 jan. 2014. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/>>. Acesso em: 10 set. 2019.

MENGUEL, K.; KIRKIBY, E.A. **Principes of plant nutrition. Worblanpen** – Bern: International Potash Institute, 1987, 687 p.

MODOLO, A. J.; TROGELLO, E.; NUNES, A.L.; SILVEIRA, J. C. M.; KOLLING, E. M. Efeito da Compactação do Solo Sobre a Semente no Desenvolvimento da Cultura do Feijão. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 33, n. 1, 2011.

MOREIRA, M.F. **Desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea do feijoeiro comum em função da distribuição e do teor de fósforo no solo**. Piracicaba, 2004. Disponível em: http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/Desenvolvimento-do-sistema-radicular-e-da-parte-a-rea-do-feijoeiro-comum-em-fun--o-da-distribui--o-e-do-teor-de-f-sforo-no-solo---M-riam-Ferraz-Moreira.pdf. Acesso em: Abr. 2021.

MOREIRA, F.M.S. **Bactérias fixadoras de nitrogênio que nodulam Leguminosae**. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros. Lavras: UFLA, 2008. p.621-680. Acesso em: ago. 2019.

NOGUEIRA, C. O. G. **Eficiência agrônômica de rizóbios selecionados e diversidade das populações que nodulam o feijoeiro-comum em Formiga – MG**. 2005. 66 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola), Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2005.

OLIVEIRA, I.P.; Araújo, R.S.; Dutra; L.G. 1996. **Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio**. In.: Araujo, R.S.; Rava, C.A.; Stone, L.F.; Zimmermann, M.J.O (Eds). Cultura do

feijoeiro comum do Brasil. Piracicaba: POTAFÓS. P 169-221. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aa/v39n4/v39n4a02.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2019.

PACHECO, R. S.; BRITO, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; STRALIOTTO, R.; ARAÚJO, A. P. **Crescimento e produção de cultivares de feijoeiro sob inoculação com rizóbio em comparação à adubação nitrogenada.** Fertibio, 2012, Maceió, AL. Anais... Viçosa, MG: SBCS, 2012.

PEREIRA, Vinicius Gabriel Caneppele et al. **Exigências Agroclimáticas para a Cultura do Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).** Revista Brasileira de Energias Renováveis, Paraná, v. 4, n. 4, p.32-42, 2014. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber>. Acesso em: 05 abr. 2020.

PESSOA, A. C. S. *et al.* Atividades de nitrogenase e redutase de nitrato e produtividade do feijoeiro “ouro negro” em resposta à adubação foliar com molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 24 p. 217-224, 2001.

PIRES, A. A., *et al.* Rendimento de grãos, componentes do rendimento e índice spad do feijoeiro (*phaseolus vulgaris* l.) em função de época de aplicação e do parcelamento da aplicação foliar de molibdênio. **Ciência agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1092-1098, 2004.

POORTER, H.; NAGEL O., 2000. **The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO₂, nutrients and water:** a quantitative review. *Aust. J. Plant Physiol.* 27:595-607.

PUGASHETTI, B.K.; ANLE, J.S.; WAGNER, G.H. Soil microorganisms antagonistic towards *Rhizobium japonicum*. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 14, p. 45-49. 1982.

REIS, V. M. **Como fazer uma agricultura verde usando o mais antigo processo de obtenção de nitrogênio em plantas.** *Acta Scientiae et Technicae*, v. 1, n. 1, p. 15-23, 2013.

REIS, V. R.R; SOUZA, L. R. S; VIEIRA, G. L. S; COELHO, K. B. S; FILHO, A.S.C; SILVA, M.R.M. Crescimento vegetativo do feijão-caupi com inoculante alternativo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, Pb, v. 13, n. 4, p.466-471, 08 set. 2018. Disponível em: <<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS>>. Acesso em: 19 set. 2019.

ROCHA, Brauly Martins. **Prática alternativa de inoculação de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., cv. ouro vermelho) com estirpes rizobianas localmente adaptadas.** 2013. 50 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agricultura Orgânica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Instituto de Agronomia, Seropédica, 2013. Disponível em: <<http://cursos.ufrj.br/posgraduacao/ppgao/files/2016/04/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Brauly-Rocha.pdf>>. Acesso em: Abr. 2020

ROSOLEM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. **Seja o doutor do seu feijoeiro.** Encarte de Informações Agronômicas – n. 68 – dezembro, 1994. Disponível em <[http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/69CAB152E9EC329A83257AA0003BC0D4/\\$FILE/Seja%20Feijoeiro.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/69CAB152E9EC329A83257AA0003BC0D4/$FILE/Seja%20Feijoeiro.pdf)> Acesso em jun. 2021

RUFINI, M.; FERREIRA, P. A. A.; SOARES, B. L.; OLIVEIRA, D. P.; ANDRADE, M. J. B DE; MOREIRA, F. M. DE S. **Simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio com feijoeiro-comum em diferentes valores de pH.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, p.81-88, 2011.

RUMJANECK, N.G; BASTOS, J.L; OLIVEIRA, FERREIRA, R.T; CARVALHEIRO, L.B.S; AGUIAR, L.A; DIAS, A. RIBEIRO, R.L.D. **Prática Alternativa para inoculação de sementes de feijão- caupi a partir de raízes finas noduladas.** Seropédica- RJ, 2017. Disponível em: COMUNICADO-Norma-pratica-alternativa-para-inoculacao-de-sementes.pdf. Acesso em: ago. 2019.

RUSCHEL A. P; REUSZER. H.W. **Fatores que afetam a simbiose *Rhizobium phaseoli* - *Phaseolus vulgaris*.** Rio de Janeiro, 1973. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/193858/1/Fatores-que-afetam-a>. Acesso em: ago. 2019.

SANTOS, J.B.; GAVILANES, M.L.; VIEIRA, R.F.; PINHEIRO, L.R. Botânica. p. 36-66. In: Carneiro, J.E.S.; Paula JR., T. J.; Borém, A., eds. **Feijão do plantio à colheita.** Editora UFV, Viçosa, MG, Brasil, 2015.

SILVA, M. V.; ANDRADE, M. J. B.; MORAES, A. R.; ALVES, V. G. FONTES E DOSES DE MOLIBDÊNIO VIA FOLIAR EM DUAS CULTIVARES DE FEIJOEIRO. **Ciênc. Agrotec**, Lavras, Mg, v. 27, n. 1, p. 126-133, jan. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v27n1/a15v27n1.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2020.

SILVA, O. F; WANDER, A.E. Embrapa. **O Feijão-Comum no Brasil Passado, Presente e Futuro**, Santo Antônio de Goiás, 2013 11 p. Disponível em: <O Feijão-Comum no Brasil Passado, Presente e Futuro>. Acesso em: 20 jul. 2019.

SILVA, R.T.L; ANDRADE, P.D; MELO, E.C; PALHETA, T.V; GOMES, M.A.F. **inoculação e adubação mineral na cultura do feijão – caupi em latossolos da amazônia oriental.** In: REVISTA CAATINGA. Mossoró: S.n., v. 24, n. 4, 18 jul. 2012. Disponível em: <<http://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/sistema>>. Acesso em: 20 jul. 2019.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. **Irrigação do feijoeiro.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2001.

SOUSA, J.C.; CONRAD, J.H.; MOTT, G.O. **Interrelações entre minerais no solo, forrageiras e tecido animal.** 2. Cobre e molibdênio. *Pesq. Agropec. Bras.*, 15:335-341, 1980. SOUZA, P. M.; MOREIRA, F. M. S. **Potencial econômico da inoculação de rizóbios em feijão-caupi na agricultura familiar: um estudo de caso.** *Em Extensão, Uberlândia*, v. 10, n. 2, p. 37-54, 2011.

SOUZA, P. M.; MOREIRA, F. M. S. **Potencial econômico da inoculação de rizóbios em feijão-caupi na agricultura familiar: um estudo de caso.** *Em Extensão, Uberlândia*, v. 10, n. 2, p. 37-54, 2011.

STRALIOTTO, R. **A importância da inoculação com rizóbio na cultura do feijoeiro.** Brasília: Embrapa, 2002. Disponível em:<http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/fbni_inocula_feijoeiro>. Acesso em: Mai. 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Trad. Armando Molina Divan Junior- 5 ed– Porto Alegre: Artmed, 2013. 107 p.

THORNLEY, J.H.M., 1995. **Shoot: root allocation with respect to C, N and P**: na investigation and comparison of resistance and teleonomic models. *Ann. Bot.* 75:391-405.

TOLLER, E.V.; BÁRBARO, I.M.; BÁRBARO-JÚNIOR, L.S. Análise de parâmetros de fixação biológica de nitrogênio em cultivares comerciais de soja. **Nucleus**, v.6, n.1, abr. 2009.

TORRES, H.R.M., NETO, A.R.S; RIBEIRO, P.R.C.C.; RIBEIRO, J.J. produtividade do feijão *Phaseolus vulgaris L.* com aplicações crescentes de molibdênio associadas ao cobalto via foliar. Espírito Santo, 2014. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/PRODUTIVIDADE%20DO%20FEIJAO.pdf>>. Acesso em: Abr. 2021

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. **Colloquium Agrariae**, v. 3, n.1, Jun. 2007, p. 1-07. Disponível em: <https://www.eventosolos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/1749.pdf>. Acesso em: Abri. 2021.

VARGAS, A. A. T.; SILVEIRA, J. S. M.; ATHAYDE, J. T.; ATHAYDE, A.; PACOVA, B. E. V. Comparação entre genótipos de feijão quanto à capacidade nodulante e à produtividade com inoculação com rizóbios e/ou adubação de N-mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, p.267-272, 1991.

VIÇOSI, K.A; PELÁ. A. Doses de nitrogênio em cobertura e inoculação com *rhizobium tropici* na cultura do feijão-vagem. **Revista cultura agrônômica**, v.29, p. 3326-338, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.32929/2446-8355.2020v29n3p326-336>. Acesso em: Mai. 2021.

VIEIRA, C.; PAULA J. R. T. J. de; BORÉM, A. **Feijão: aspectos gerais e cultura no estado de Minas Gerais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. 596 p.

WUTKE, E. B.; AMBROSANO, E. J.; DIAS, R. P.; LAURINO, M. S.; GONÇALVES, J. R. A. **Bancos comunitários de sementes: informações técnicas**. Brasília, DF: MAPA, 2012. 52 p.