

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

LORENA ALMEIDA DE OLIVEIRA

**MANEJO DA ADUBAÇÃO FOLIAR DO FEIJOEIRO COMUM DE INVERNO
(*Phaseolus vulgaris* L.) PROVENIENTE DE SEMENTES COM DIFERENTES NÍVEIS
DE MOLIBDÊNIO**

**Uberlândia – MG
Dezembro – 2017**

LORENA ALMEIDA DE OLIVEIRA

**MANEJO DA ADUBAÇÃO FOLIAR DO FEIJOEIRO COMUM DE INVERNO
(*Phaseolus vulgaris* L.) PROVENIENTE DE SEMENTES COM DIFERENTES NÍVEIS
DE MOLIBDÊNIO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao curso de Agronomia, da Universidade
Federal de Uberlândia, para obtenção do
Título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Regina Maria Quintão Lana

**Uberlândia – MG
Dezembro– 2017**

LORENA ALMEIDA DE OLIVEIRA

**MANEJO DA ADUBAÇÃO FOLIAR DO FEIJOEIRO COMUM DE INVERNO
(*Phaseolus vulgaris* L.) PROVENIENTE DE SEMENTES COM DIFERENTES NÍVEIS
DE MOLIBDÊNIO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao curso de Agronomia, da Universidade
Federal de Uberlândia, para obtenção do
Título de Engenheira Agrônoma.

Aprovado pela Banca Examinadora em 12 de Dezembro de 2017

Prof. Dr^a. Regina Maria Quintão Lana
Orientadora

Prof. Dr. José Geraldo Mageste da Silva

Vanderley José Pereira
Me. em agronomia

RESUMO

O molibdênio (Mo) tem papel fundamental no aumento da produtividade do feijoeiro por potencializar a fixação biológica do nitrogênio. Portanto, o uso de sementes enriquecidas com Mo gera benefícios como menores perdas do nutriente, presente nos fertilizantes, garantindo maior eficiência. Neste sentido, teve como objetivo do trabalho avaliar a qualidade nutricional da cultivar “Madrepérola”, produzida no período de inverno com variações de teores de molibdênio nas sementes e sob aplicação foliar deste micronutriente. Para a produção de sementes com três níveis de Mo, fertilizou-se a “planta-mãe” com molibdato de sódio na dosagem de 300 e 600 g ha⁻¹. Esta adubação foi parcelada, sendo que para a dose de 300 g ha⁻¹ foi dividida nos estágios V₄ e R₅ com 100 e 200 g ha⁻¹, respectivamente; para a dose 600 g ha⁻¹ foi dividida nos estágios V₄, R₅ e R₇ com 100, 250 e 250 g ha⁻¹, respectivamente. Com as sementes destas plantas instalou um experimento em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 3X2 com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por três níveis endógenos de molibdênio nas sementes sendo o de baixo com quantidade não detectada; médio com 2,3 µg semente⁻¹; e alto com 5,2 µg semente⁻¹ e duas doses de molibdênio via foliar (0 e 500 g ha⁻¹ de molibdato de sódio). Neste experimento houveram aplicações foliares no estágio V₄ na dose de 100 g ha⁻¹ e no R₇ na dose 400 g ha⁻¹. Foram avaliados os teores de Co, Fe, K, Mo, N e Zn nas folhas e nos grãos do feijoeiro. Os dados foram submetidos à análise de pressuposições, ANOVA e teste de Tukey. Concluiu-se que a aplicação foliar de molibdênio é uma técnica viável do ponto de vista fisiológico para a obtenção de incrementos de ferro e molibdênio nas folhas e sementes como também zinco somente nas folhas. Deve-se considerar o uso de sementes enriquecidas com Mo como alternativa a fertilização convencional, visto que os teores deste nutriente nas sementes podem ser suficientes para melhorar a nutrição da planta (incremento de 8,34 mg dm⁻³ de Zn nas folhas de plantas provenientes de sementes com médio teor endógeno de Mo), dispensando a aplicação foliar.

Palavras-chave: micronutriente, nutrição de feijoeiro, atividade enzimática, fixação biológica de nitrogênio, interação entre nutrientes.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 REVISÃO DE LITERATURA	7
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	11
4 RESULTADOS	13
5 DISCUSSÃO	17
6 CONCLUSÃO.....	20
REFERÊNCIAS	20

RELAÇÃO DAS FIGURAS E TABELAS.

Tabela 1. Características químicas do Latossolo Vermelho de textura argilosa (0 – 20 cm).. 12

Tabela 2. Teores foliares de macro e micronutrientes de plantas de feijão oriundas de sementes com teores distintos de molibdênio e submetidas aplicação foliar deste nutriente.. 14

Tabela 3. Teores de macro e micronutrientes nos grãos oriundos de plantas de feijão advindas de sementes com teores distintos de molibdênio e submetidas à aplicação foliar deste nutriente..... 16

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de feijão (CONAB, 2017), com produção de 3345,5 mil toneladas estimadas para a safra 2017/18, com área plantada chegando a 3185,8 mil hectares (CONAB, 2017). Esta produção se concentra principalmente em propriedades pequenas e pouco tecnificadas (agricultura familiar e de subsistência). Soma-se a isso a importância social, pois o feijão é uma das principais fontes de proteína da população de baixa renda (BASSAN et al., 2001).

Mesmo com qualidades nutricionais interessantes (potássio, fósforo, ferro, cálcio, zinco, magnésio e conteúdo elevado de proteína) (ANDRADE et al., 2004), o feijão é pouco consumido no mercado exterior (CONAB, 2015). Neste sentido, com a expansão do comércio, o Brasil pode se tornar um expoente no mercado, por produzir em três épocas de cultivo: safra das águas, da seca e irrigada, também chamada de safra de inverno (AMBROSANO et al., 1996). Para que essa projeção se torne realidade é necessário maximizar o sistema de cultivo, destacando-se a eficiência da adubação.

Sabe-se que na cultura do feijoeiro, o nitrogênio é o macronutriente mais absorvido e extraído pela planta (BORDINET al., 2003; ANDRADE et al., 2004), acarretando em aumento de produção e qualidade, principalmente ao que tange o teor de proteína, nitrogênio, cobre, manganês e triptofano nos grãos (ANDRADE et al., 2004). Todavia, os fertilizantes nitrogenados são de alto custo, podendo ocorrer perdas do mesmo no solo causando danos ao ambiente (como a intoxicação da fauna do solo e a eutrofização da água, entre outros) (ALVES et al., 2008; ROCHA et al., 2009). Portanto, tornar-se importante o uso de técnicas que maximizam a eficiência do uso do nitrogênio pela planta proporcionando, além de aumento na produtividade e menores gastos e problemas ecológicos (SORATTO et al., 2005; SILVA et al., 2006; FARINELLI et al. 2010). Uma dessas técnicas é a maximização da fixação biológica do nitrogênio (SOARES et al., 2006; PELEGRIN et al., 2009; VALADÃO et al., 2009).

O nitrogênio é disponibilizado pelas culturas de várias formas (NH_4^+ , NO_3^- ou N_2 atmosférico por meio da fixação biológica), dependendo da espécie vegetal. Quando se trata de *Fabaceae*, o N_2 atmosférico é transformado em NH_4 por meio de uma associação simbiótica com bactérias. Essas bactérias são tipicamente do gênero *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*, *Photorhizobium* e *Sinorhizobium*, que já possuem estirpes

comerciais (FAGANET al. 2007). Para o feijoeiro, recomenda-se o *Rhizobiumtropicum* para a produção de inoculantes, compreendendo as estirpes comerciais SEMIA 4077 (CIAT 899) e SEMIA 4080 (PRF 81) (BRITO et al., 2011).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é mais eficiente com o suprimento de molibdênio, micronutriente requerido em menor quantidade pela planta (BASSAN et al., 2001; MEIRELES et al., 2003; LEITE et al., 2009). Este micronutriente faz parte da enzima nitrato redutase e nitrogenase envolvida na fixação de N (FERREIRA et al., 2003), como estão correlacionados nas mesmas rotas fisiológicas, os sintomas de deficiência do molibdênio (Mo) são confundidos com o de N (BERGER et al., 1996).

Estudos comprovam que a aplicação de Mo tem papel importante no aumento da produtividade do feijoeiro quando usada para a complementação da adubação nitrogenada ou até mesmo substituindo a mesma, por potencializar a FBN. Na maioria das vezes, porém, complementa a adubação nitrogenada ou torna desnecessária a adubação em cobertura (VIEIRA et al., 1992; AMANE et al., 1994; BERGER et al., 1996; AMANE et al., 1999). O Mo pode ser oferecido para a planta diretamente no solo (SILVEIRA et al., 1996), via foliar (CALONEGO et al., 2010) ou por meio do enriquecimento das sementes (LEITE et al., 2009). Existem cultivares com maior capacidade de acumulação de Mo na semente, que quando cultivadas em solos com boa quantidade do nutriente produz sementes aptas ao posterior cultivo em solos com deficiência ou ácidos, ao ponto de tornar o micronutriente indisponível (FERREIRA et al., 2003).

O uso de sementes enriquecidas com Mo gera diversos benefícios como menores perdas do fertilizante e maior eficiência do uso do micronutriente, uma vez que este será disponibilizado para a planta de acordo com a necessidade (LEITE et al., 2009). Apesar de o conteúdo de Mo na semente, isoladamente, não contribuir para o aumento na produtividade dos grãos (FERREIRA et al., 2003), influencia positivamente a germinação e vigor das mesmas (LEITE et al., 2009) e o número de vagens por planta (FERREIRA et al., 2003). Quando associada à adubação molibídica via foliar é comprovado que possui efeitos sobre o aumento da produtividade do feijoeiro (WRUCKET al., 2004).

Face o exposto, pesquisas que culminam com o manejo adequado da adubação do feijoeiro e com isso reduza custos são essenciais. Ademais é escassa a literatura que investiga o enriquecimento das sementes com molibdênio, fazendo-as como via de fertilização, cujas sementes, em si, são a fonte de suprimento nutricional. Neste sentido, buscou-se ratificar a hipótese de que a fixação biológica de nitrogênio em plantas de feijoeiro é eficiente quando os teores de molibdênio são adequados; e que estes podem ser supridos pelas reservas.

Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade nutricional da cultivar “Madrepérola”, produzida no período de inverno com variações de teores de molibdênio nas sementes e sob aplicação foliar deste micronutriente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As leguminosas estão entre os alimentos mais ricos em proteínas (BONETT, et al., 2007; WANDER et al., 2007; WANDER et al., 2010). As proteínas são componentes essenciais a todas as células vivas e estão relacionadas a diversas funções fisiológicas, sendo fundamental para o crescimento e desenvolvimento do organismo (ALVES et al., 2012).

Dentre a grande variedade de leguminosas encontra-se o feijão, cuja principal proteína é a faseolina. Esta leguminosa também é rica em carboidratos complexos e fibra alimentar, vitaminas do complexo B, ferro, cálcio, bioativos entre outros nutrientes, que são mantidos devido à forma de preparo deste alimento (BONETT et al., 2007; WANDER et al. 2007; RAMÍREZ-CÁRDENAS et al., 2008; SILVA et al., 2009; WANDER et al. 2010).

Em relação às suas características, o feijão é considerado uma leguminosa herbácea, com um ciclo de aproximadamente 95 dias. É uma planta bastante exigente em condições meteorológicas, principalmente em água, que é um fator determinante de altas produtividades do feijoeiro (KAPPES et al., 2008).

O feijão é um dos principais alimentos consumidos pela população brasileira (BARBOSA, 2007), principalmente pela classe de baixa renda, ocorrendo decréscimo do consumo com o aumento da renda familiar (WANDER et al. 2007). Além disso, sua produção gera grande número de empregos, conferindo importância socioeconômica à cultura (KAPPES et al., 2008).

A proteína animal possui maior valor biológico quando comparada com a vegetal, que apresenta baixa digestibilidade, elevando o valor econômico da proteína animal. Assim, espécies vegetais ricas em proteínas como o feijão são bastante consumidas pela população com menor poder aquisitivo (BONETT et al., 2007; KINUPP; BARROS, 2008). Além do baixo valor nutricional de suas proteínas, o feijão apresenta alguns aspectos indesejáveis como, por exemplo, a dificuldade de cozimento deste alimento (RAMÍREZ-CÁRDENAS et al., 2008). Também, nota-se diferença no consumo de proteínas entre os sexos, onde os homens consomem mais proteínas que as mulheres (BERTIN et al. 2008). Atualmente, existe a tendência de substituição de alimentos básicos, como o feijão e o arroz, por bebidas e

alimentos industrializados, acarretando em maior risco de obesidade, afetando principalmente a população de maior renda (WANDER et al., 2010).

O mercado internacional desse produto é bastante restrito, uma vez que a produção de feijão do Brasil é totalmente consumida por sua população. Porém, a quantidade de exportações pode aumentar nos próximos anos, visto que o país apresenta algumas vantagens na produção, caracterizando-se como um país de grande importância no cenário agrícola mundial (WANDER, et al. 2007, WANDER et al., 2010).

Uma dessas vantagens é a produção de feijão em três épocas, o que permite a oferta deste produto durante todo o ano. Essas épocas de cultivo são chamadas de “Safrinha”, “Safrão” e “Safrão de Inverno” (BRITO et al., 2009).

Na safrinha, também conhecida como primeira safra, o ciclo da cultura varia de agosto a fevereiro. A safrão, também chamada de safrão ou segunda safra, é referente ao fim das chuvas, compreendendo os meses de dezembro a junho. A safrão de inverno, também chamada de terceira safra ou safra irrigada (por exigir irrigação para o desenvolvimento da cultura), ocorre entre abril e outubro, variando, assim como nas outras safras, de acordo com a data de plantio e colheita (ASSUNÇÃO; WANDER, 2014).

Para o crescimento da produção brasileira de feijão, é de suma importância a maximização do sistema de cultivo, garantindo melhores condições para a cultura. Um dos fatores que podem influenciar positivamente a produção é a fertilização eficiente, visto que, muitas vezes essa operação é feita erroneamente, podendo prejudicar a cultura e o meio ambiente (BRITO et al., 2009; PELEGRIN et al., 2009, FARINELLI; LEMOS, 2010, NASCENTE et al., 2012).

O molibdênio é um micronutriente essencial para a planta, apesar de ser requerido em menor quantidade. No caso das leguminosas, devido à ocorrência de fixação biológica de nitrogênio, esse nutriente é muito importante, uma vez que é componente das enzimas responsáveis pela fixação do nitrogênio, nitrogenase e nitrato redutase (BASSAN et al., 2001; FAGAN et al., 2007; LEITE et al., 2009).

A disponibilidade de molibdênio para as plantas pode ocorrer a partir da adubação via solo ou foliar e, também, através das sementes. Quando a adubação é feita via solo, alguns fatores influenciam a disponibilidade do nutriente para a planta como, por exemplo, o pH do solo e a presença de óxidos de Fe e Al, que podem causar a adsorção do Mo nos colóides do solo (VIEIRA et al., 2011). A adubação via foliar de molibdênio consiste, basicamente, na pulverização de fertilizantes molibídicos sobre as folhas das plantas, possibilitando a disponibilidade do nutriente no momento mais adequado.

O enriquecimento de sementes é uma alternativa eficaz para o fornecimento de molibdênio para as plantas. Para isso, é necessária a determinação das doses adequadas para que o nutriente seja utilizado pela planta e depositado nas sementes que, futuramente, darão origem à plantas que usarão esse conteúdo endógeno de Mo para seu desenvolvimento (LEITE et al., 2009, MILANI et al., 2010).

O nutriente de maior importância para o feijoeiro é o nitrogênio, sendo capaz de contribuir para altas produtividades da cultura, além de aumentar o teor proteico do feijão (FARINELLI; LEMOS, 2010). Geralmente, sintomas de deficiência desse nutriente são observados em safras consecutivas, uma vez que corresponde ao nutriente exportado em maior quantidade pela planta. O nitrogênio participa de vários processos metabólicos da planta, além de ser componente de enzimas, de proteínas e da clorofila, sendo bastante exigido nas fases de florescimento e enchimento de grãos (FAGAN et al., 2007, TOLEDO et al., 2009). Esse nutriente pode estar disponível para o feijão através do solo (através da mineralização da matéria orgânica), dos fertilizantes nitrogenados e, também, da fixação biológica de nitrogênio (BRITO et al., 2009).

Os fertilizantes nitrogenados são fontes eficientes deste nutriente, mas apresentam alguns aspectos negativos que tornam importantes os estudos para o melhor aproveitamento de N de outras origens (LOPES et al., 2011). Esses produtos podem ser perdidos facilmente por lixiviação, volatilização e desnitrificação, podendo causar danos ao meio ambiente, além de tornar o manejo desse nutriente complexo (SANT'ANA et al., 2010).

A eutrofização das águas é um dos problemas ambientais causados pelo mau uso dos fertilizantes nitrogenados. Esse processo é caracterizado pelo aumento da atividade biológica nos cursos d'água devido ao excesso de nutrientes na água, gerando uma quantidade indesejada de biomassa que impede a penetração de luz, além de aumentar a produtividade de algas, podendo causar a alteração da ecologia do sistema aquático (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2010; PEREIRA et al., 2013; VIDAL; CAPELO NETO, 2014).

Outro problema causado pelo uso indiscriminado de fertilizantes é a contaminação do lençol freático. Isso ocorre quando os fertilizantes são aplicados no solo em quantidades superiores à capacidade de retenção deste, levando a lixiviação do produto, podendo causar efeitos negativos no solo e contaminar as águas subterrâneas (SILVA et al., 2007). Como foi citado, é importante a maximização de técnicas que diminuam ou substitua o uso de fertilizantes nitrogenados como, por exemplo, a fixação biológica de nitrogênio.

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) ocorre através de uma relação simbiótica entre bactérias e as raízes das leguminosas. Essa associação, no caso do feijão comum, não é

muito eficiente quando comparada, por exemplo, com a soja e o feijão caupi, tornando necessário o uso de fertilizantes nitrogenados para suprir a necessidade da planta (BRITO et al., 2009; SANT'ANA et al., 2010; BRITO et al., 2011).

Através dessa associação, ocorre a transformação de N_2 (absorvido do meio) em NH_4 . As bactérias se adaptam as plantas e formam os nódulos (duas horas após o contato bactéria-planta), que serão responsáveis pela fixação do N_2 atmosférico. O N_2 é transformado em NH_3 , envolvendo gasto energético pela planta, sendo a nitrogenase a enzima responsável por essa fixação (FAGAN et al., 2007).

A nitrogenase é um complexo enzimático composto por duas unidades proteicas chamadas de Fe-proteína (Ferro-proteína) e Mo Fe-proteína (Molibdênio-Ferro-proteína). A ferredoxina (enzima transportadora de elétrons) auxilia a nitrogenase na fixação do N_2 , reduzindo a Fe-proteína que, por sua vez, se liga ao Mg ATP, recebendo elétrons. Estes são passados para a Mo Fe-proteína e, posteriormente, para o nitrogênio que se transforma em NH_3 . Dessa forma, ocorre a transformação para NH_4 , quando o NH_3 entra em contato com o citoplasma das bactérias (FAGAN et al., 2007; LEITE et al., 2009; BARBOSA et al., 2010).

O nitrogênio também pode ser assimilado através da redução do nitrato presente no solo. Para isso é necessária a redução do nitrato a nitrito reação catalisada pela enzima nitrato redutase. Essa enzima é liberada pelas bactérias em associação com as raízes do feijoeiro, proporcionando uma quantidade extra de nitrogênio para planta (FAGAN et al., 2007; LEITE et al., 2009; BARBOSA et al., 2010).

Portanto, é necessário incrementar estudos que visam proporcionar à cultura as quantidades adequadas de molibdênio, maximizando a utilização do nitrogênio e oferecendo condições propícias ao desenvolvimento da cultura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para a produção de sementes com três níveis de Molibdênio: Baixo: quantidade não detectada; Médio: 2,3 microgramas por semente e Alta: 5,2 microgramas por semente, fertilizou-se a planta-mãe com molibdato de sódio na dosagem de 300 e 600 g ha⁻¹. Esta adubação foi parcelada, sendo para a dose de 300 g ha⁻¹, 100 g em V₄(terceira folha trifoliada) e 200 g em R₅ (início do florescimento) e para a dose 600 g ha⁻¹, 100 g em V₄, 250 g em R₅ e 250 g em R₇ (quando 50% das plantas possuíam vagem).

As sementes foram cedidas pela Universidade Federal de Viçosa à Universidade Federal de Uberlândia onde conduziu-se um experimento no ano de 2014, na fazenda experimental Capim Branco (UFU) (coordenadas geográficas de 18°55'23'' latitude sul e 48°17'19'' longitude). O clima de Uberlândia, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, megatérmico, com chuvas no verão e seca no inverno (ROSA et al. 1991). As temperaturas médias anuais variam entre 19 e 24 °C, máxima de 26,6 a 29 °C e mínimas de 17, 6 a 19, 7 °C, com umidade relativa média de 35% (SILVA & RIBEIRO, 2004). As precipitações acumuladas variam entre 1300 e 1700 mm anuais e é rara a ocorrência de geada (DEL GROSSI, 1991). As chuvas se concentram de outubro a março, com 86,9 mm do volume anual. A insolação mensal anual está na faixa 208,8 horas, com máximas em agosto (256,1 horas) e mínimas em dezembro (163,6 horas) (SILVA & RIBEIRO, 2004; SILVA, 2007).

O solo, com histórico de rotação de cultura com soja e milho por dez anos, é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo de textura argilosa (EMBRAPA, 2013). Este solo, apresentou níveis de pH e potássio adequados e de fósforo baixo (Tabela 1; RIBEIRO, 1999). A fertilização foi feita com 500 kg ha⁻¹ do formulado 6-18-6 na semeadura, de forma localizada a 5 cm ao lado e abaixo das sementes. As fontes minerais para suplementação de nitrogênio, fósforo e potássio foram ureia (45% de N), superfosfato triplo (41% de P₂O₅) e cloreto de potássio (60% de K₂O), respectivamente. O preparado do solo se restringiu a aração seguida de gradagem.

Tabela 1. Características químicas do Latossolo Vermelho de textura argilosa (0 – 20 cm)

pH H ₂ O	P meh ⁻¹ mg dm ⁻³	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al
		cmol _c dm ⁻³				
5,5	4,4	0,41	2,3	0,9	0,0	4,70
M.O.	C.O.	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		mg dm ⁻³				
3,5	2,0	0,06	7,4	18	9,4	1,5

P=Método Mehlich1, P, K, Na = [HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹], S-SO₄ = [Fosfato Monobásico Cálcio 0,01 mol L⁻¹], Ca, Mg, Al = [KCL 1 molo L⁻¹] / H + Al = [Solução Tampão SMP a pH 7,5], M.O. = matéria orgânica pelo Método Colorimétrico, C.O = Carbono orgânico, S.B= Soma de base, V = Saturação de Base; T = CTC pH 7,0; Fonte: Dados obtidos por meio de análise realizada no laboratório de análise de solos no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Uberlândia (LABAS-UFU) segundo EMBRAPA (2011).

As sementes da cultivar Madrepérola, cujo hábito de crescimento é indeterminado, do tipo III e prostrado (CARNEIRO et al. 2012), foram semeadas com densidade de 12 sementes por metro. As parcelas foram constituídas de quatro fileiras, cada uma com quatro metros, espaçadas em 0,5m. A área útil correspondeu as duas fileiras centrais, descartando-se meio metro das laterais. Em metade das parcelas aplicou-se 500 g ha⁻¹ de molibdênio via foliar e na outra metade não houve aplicação, sendo consideradas testemunhas. As aplicações de molibdênio, cuja fonte utilizada foi o molibdato de sódio, foram divididas em duas etapas: a primeira no estágio V₄ na dose de 100 g ha⁻¹ diluída em 2400 ml de água e a segunda no estágio R₇ na dose 400 g ha⁻¹ diluída 2400 ml de água. As aplicações foram feitas de modo uniforme com um pulverizador manual, nas quatro fileiras em um volume 200 ml por parcela. Deste modo, o experimento correspondeu a um fatorial com 3 níveis de molibdênio nas sementes x 2 doses de molibdênio via foliar (0 e 500 g ha⁻¹ de molibdato de sódio) em quatro repetições, num delineamento de blocos ao acaso. Durante o desenvolvimento da cultura, foram realizados os tratos culturais e fitossanitários recomendados para esta espécie e irrigações por aspersão sempre que necessárias.

No estágio de floração (R₆), foram retiradas 10 amostras de folhas trifolioladas das duas fileiras centrais de cada parcela. Essas folhas estavam com máximo crescimento, mas ainda jovens (coletadas do terço médio das plantas). As folhas foram secas em estufa com ventilação forçada para a realização das análises de macronutrientes (N e K) e micronutrientes (Mo, Co, Fe e Zn). As sementes das plantas das duas fileiras centrais foram colhidas e logo em seguida foram secas (12-13% b.u.). Dessas sementes, 200 foram enviadas para o Laboratório de Análises de Solos da Universidade Federal de Viçosa para a análise de Co, Fe, K, Mo e Zn e o restante foi usado para a análise de N no Laboratório da Universidade Federal

de Uberlândia (LABAS-UFU). Todas as análises foram baseadas nas recomendações de EMBRAPA (2011).

Todos os dados foram submetidos à análise da normalidade dos resíduos, homogeneidade das variâncias e aditividade dos blocos pelos testes de Kolmogorov-Smirnov, Levene e Tukey para a aditividade, respectivamente, todos a 0,01 de significância. Quando ao menos uma das pressuposições não foi atendida, os dados foram submetidos à transformação do tipo raiz quadrada, refazendo-se os testes das pressuposições.

4 RESULTADOS

O uso de sementes enriquecidas com teores crescentes de molibdênio não incrementou os teores de nitrogênio e potássio nas folhas (Tabela 2) e de potássio, zinco e cobalto nos grãos (Tabela 3). Tampouco a aplicação foliar de molibdênio com dose de 500 g ha⁻¹ dividida nos estágios V₄ e R₇ (100 e 400 g ha⁻¹, respectivamente) alterou os valores desses nutrientes. Em suma, o manejo do molibdênio não teve impacto nos teores desses nutrientes, ficando próximo a 40 g Kg⁻¹ e 85 mg dm⁻³ para nitrogênio e potássio nas folhas, respectivamente (Tabela 2), e 8,5; 31,5 e 2,0 mg dm⁻³ para potássio, zinco e cobalto nos grãos (Tabela 3).

A combinação ente teores endógenos e aplicação foliar de molibdênio influenciou nos micronutrientes foliares, a exceção do cobalto (Tabela 2). Para esse micronutriente, os valores obtidos foram baixos, não chegando a 1 mg dm⁻³ (Tabela 2). Somente as plantas oriundas de sementes com alto teor de molibdênio foram responsivas a aplicação foliar deste nutriente, resultando em aumento nos teores foliares de ferro. É interessante notar que somente o incremento dos teores endógenos de molibdênio nas sementes não refletiu em maiores teores de ferro foliar. Ao efetuar a aplicação foliar de molibdênio em plantas oriundas de sementes com teores altos deste nutriente, o incremento de ferro foi significativo (2023,72 mg dm⁻³), todavia não diferindo das sementes com baixos teores (Tabela 2).

Tabela 2. Teores foliares de macro e micronutrientes de plantas de feijão oriundas de sementes com teores distintos de molibdênio e submetidas aplicação foliar deste nutriente.

¹ Teor de Mo na semente	Nitrogênio(g Kg ⁻¹)			Potássio (mg dm ⁻³)			Ferro (mg dm ⁻³)		
	Dose de Mo foliar		Média	Dose de Mo foliar		Média	Dose de Mo foliar		Média
	0	500		0	500		0	500	
Baixo	40,91	45,02	42,96 a	82,25	92,75	87,5 a	1335,40 aA	1644,83 abA	1491,61
Médio	43,90	39,64	41,77 a	99,5	92,5	96,0 a	1578,06 aA	1233,52 bA	1405,79
Alto	41,65	40,19	40,92 a	81,5	83,25	82,38 a	1194,35 aB	2023,72 aA	1609,04
Média	42,15 A	41,62 A		87,75 A	89,5 A		1369,27	1635,02	
² CV (%)	11,82			13,56			23,03		
³ F(P); W(P)	2,937 (0,041); 0,987 (0,983)			0,491 (0,779); 0,944 (200)			1,811 (0,161); 0,967 (0,592)		
Teor de Mo na semente	Zinco (mg dm ⁻³)			Molibdênio (mg dm ⁻³)			Cobalto (mg dm ⁻³)		
	Dose de Mo foliar		Média	Dose de Mo foliar		Média	Dose de Mo foliar		Média
	0	500		0	500		0	500	
Baixo	18,05 bB	22,36 aA	20,21	0,05 aB	42,83 aA	21,44	0,48	0,58	0,53 a
Médio	26,39 aA	18,61 aB	22,50	0,04 aB	33,02 bA	16,53	0,55	0,50	0,53 a
Alto	18,77 bA	19,99 aA	19,38	0,39 aB	22,70 cA	11,54	0,53	0,61	0,57 a
Média	21,07	20,32		0,16	32,85		0,52 A	0,56 A	
² CV (%)	12,23			26,53			20,15		
³ F(P); W(P)	2,667 (0,057); 0,976 (0,811)			1,292 (0,311); 0,904 (0,026)			8,883 (<0,001); 0,970 (0,662)		

¹ Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. ²CV: Coeficiente de variação. ³F(P); W(P): Estatística e probabilidade do teste de Levene e Shapiro-Wilk, respectivamente; Probabilidades maiores que 0,01 indicam homocedasticidade e aderência a Normal, respectivamente.

Os teores foliares de zinco foram superiores em plantas oriundas de sementes com teores médios de molibdênio ($26,39 \text{ mg dm}^{-3}$), mas ao efetuar a fertilização foliar, o impacto dos teores endógenos de molibdênio foi irrelevante (Tabela 2). A aplicação foliar de molibdênio incrementou os teores de zinco em plantas que o aporte de molibdênio das sementes foi baixo e nas plantas cuja origem foi sementes com médios teores, a fertilização foliar resultou em menores teores de Zinco ($18,61 \text{ mg dm}^{-3}$; Tabela 2).

Para os teores de molibdênio foliares não houve efeito das diferentes concentrações deste nas sementes, porém ao fazer a aplicação foliar, as plantas originadas de sementes com teores médios e altos foram as que tiveram pior resultado ($33,02$ e $22,70 \text{ mg dm}^{-3}$, respectivamente). Todavia, a fertilização foliar é essencial, visto que para todos os teores variados de molibdênio nas sementes, a aplicação foliar resultou em incrementos (Tabela 2). Neste contexto o menor incremento foi para as sementes com altos teores de molibdênio ($22,31 \text{ mg dm}^{-3}$ nas folhas) (Tabela 2). Para grãos o resultado foi ainda mais notório, pois independe do conteúdo do nutriente nas sementes, somente a aplicação foliar resultou num aumento de $3,10 \text{ mg dm}^{-3}$ (Tabela 3). Comportamento semelhante foi observado para os teores de ferro nos grãos. Quando as sementes tinham baixos teores de molibdênio a aplicação foliar resultou em incrementos (passando de $121,58$ para $196,35 \text{ mg dm}^{-3}$) (Tabela 3). Infere-se assim que a concentração estava baixa nas sementes. Em outra vertente, o incremento endógeno de molibdênio nas sementes associado à aplicação foliar resultou em diminuição dos teores nos grãos, o que pode ser um efeito tóxico por excesso. Igualmente, o acúmulo de nitrogênio nos grãos foi influenciado pela combinação do aporte de molibdênio advindo das sementes e da aplicação foliar (Tabela 3).

Altos teores de molibdênio foram deletérios para os teores de nitrogênio nos grãos. Isto foi confirmado em dois momentos distintos. Primeiro, as plantas advindas de sementes com alto teor de molibdênio resultaram em menor teor de nitrogênio que as provenientes de sementes com médios e baixos teores de molibdênio ($52,18$ e $50,54 \text{ g Kg}^{-1}$, respectivamente); segundo, fixando os teores de molibdênio, a aplicação foliar deste nutriente na maioria dos casos resultou em menores teores de nitrogênio (Tabela 3). Todos esses resultados corroboram para a hipótese que a diferença entre quantidade ideal e deletéria (causadora de intoxicação) de molibdênio é tênue.

Tabela 3. Teores de macro e micronutrientes nos grãos oriundos de plantas de feijão advindas de sementes com teores distintos de molibdênio e submetidas à aplicação foliar deste nutriente.

¹ Teor de Mo na semente	Nitrogênio(g Kg ⁻¹)			Potássio (mg dm ⁻³)			Ferro (mg dm ⁻³)		
	Dose de Mo foliar		Média	Dose de Mo foliar		Média	Dose de Mo foliar		Média
	0	500		0	500		0	500	
Baixo	52,18 aA	43,20 aB	47,69	8,76	8,85	8,80 a	121,58 aB	196,35 aA	158,96
Médio	50,54 aA	43,12 aB	46,83	8,77	8,19	8,48 a	126,30 aA	144,54 bA	135,42
Alto	41,11 bA	47,20 aA	44,16	8,26	8,66	8,46 a	101,57 aA	110,20 bA	105,88
Média	47,95	44,51		8,6 A	8,57 A		116,48	150,36	
² CV (%)	10,13			7,09			7,09		
³ F'(P); W(P)	0,522 (0,756); 0,951 (0,280)			2,212 (0,098); 0,962 (0,471)			2,212 (0,098); 0,962 (0,471)		
Teor de Mo na semente	Zinco (mg dm ⁻³)			Molibdênio (mg dm ⁻³)			Cobalto (mg dm ⁻³)		
	Dose de Mo foliar		Média	Dose de Mo foliar		Média	Dose de Mo foliar		Média
	0	500		0	500		0	500	
Baixo	30,40	33,80	31,52 a	0,02	3,14	1,58 a	2,00	1,81	1,90 a
Médio	30,19	34,79	32,49 a	0,06	3,26	1,66 a	2,26	2,11	2,18 a
Alto	31,83	31,21	32,10 a	0,10	3,08	1,59 a	1,74	1,66	1,70 a
Média	30,81 A	33,27 A		0,06 B	3,16 A		2,00 A	1,86 A	
² CV (%)	10,58			27,14			27,14		
³ F'(P); W(P)	1,728 (0,179); 0,970 (0,663)			7,358 (0,001); 0,975 (0,780)			7,358 (0,001); 0,975 (0,780)		

¹ Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. ²CV: Coeficiente de variação. ²F'(P); W(P): Estatística e probabilidade do teste de Levene e Shapiro-Wilk, respectivamente; Probabilidades maiores que 0,01 indicam homocedasticidade e aderência a Normal, respectivamente.

5 DISCUSSÃO

O molibdênio deve ser manejado para suprir a demanda da cultura e maximizar a absorção e fixação de nitrogênio. Portanto, tecnologias como a aplicação foliar ou o fornecimento do molibdênio pelas reservas das sementes ganham importância em solos como os do cerrado, visto a alta acidez ocorrente nesta região (SIQUEIRA NETO et al., 2009). Os solos tropicais, geralmente, apresentam deficiência de nitrogênio devido ao alto intemperismo e por serem pobres em matéria orgânica (SANTOS et al., 2008; CAMERON et al., 2013). Em pH próximo a 4, como nestes solos, o molibdênio está adsorvido (XU et al., 2013), sendo comum a deficiência mesmo com a presença do nutriente no solo. Ademais, o molibdênio quando aplicado via solo pode ser adsorvido por argilas e óxidos de Fe, Al e Mn, entre outros (SILVA et al., 2012; XU et al., 2013; NAKAO et al., 2014). Essa condição pode limitar a produção do feijoeiro, por limitar a FBN, uma vez que o N é um dos nutrientes mais requeridos pela cultura (SOUSA; MOREIRA, 2011).

O enriquecimento de sementes de feijão com molibdênio culmina em diversas vantagens, pois melhora o aproveitamento deste e outros nutrientes pela planta. O uso dessas sementes evita que o molibdênio seja perdido no momento da aplicação do fertilizante e disponibiliza o nutriente de acordo com a demanda da planta. Além disso, os produtores são incentivados a usarem sementes de alta qualidade, uma vez que se trata de uma técnica viável e de baixo custo (LEITE et al., 2009). O manejo da adubação com molibdênio no feijoeiro resulta em mudanças fisiológicas que culminam em teores distintos dos nutrientes nas sementes e folhas. O molibdênio é um metal pesado e de transição, considerado micronutriente, que ocorre no solo principalmente na forma aniônica, como molibdato (MoO_4^{2-}) (SILVA et al., 2012; TEJADA-JIMÉNEZ et al., 2013; XU et al., 2013; BITTNER, et al., 2014) e na planta atua como centro catalítico de algumas enzimas redox (XU et al., 2013).

A aplicação foliar de Mo acarretou no aumento dos teores foliares de Fe. Um dos motivos é que a bactéria noduladora é siderófora, *i.e.*, bactérias que desempenham a função de sequestrar e transportar ferro (Fe^{3+} do solo que está indisponível à planta) em situações de deficiência, por meio da excreção de substâncias quelantes, que tornam o elemento disponível (BENITE; MACHADO, 2002). Ademais, o aporte extra de ferro culminou possivelmente em melhoria de dois processos fundamentais, o fotossintético, pois o ferro é transportador de elétrons através da ferredoxina no fotosistema I (LIESENFELD et al., 2015) e no de FBN por meio da FeMoco. Nota-se que o plantio de sementes com baixos e médios teores de Mo

facilitou a absorção de nitrogênio. Este resultado é devido à absorção do nitrogênio em si, que pode ser atmosférico (N_2), em que é absorvido e transformado em NH_3 pelas bactérias simbióticas; ou, por meio da absorção de NO_3^- do solo (FAGAN et al., 2007). Nestes processos o molibdênio age como um cofator das enzimas nitrogenase e nitrato redutase (LEITE et al., 2009; DOURADO NETO et al., 2012; FAROOQ et al., 2012; SILVA et al., 2012; TEJADA-JIMÉNEZ et al., 2013; BITTNER, et al., 2014; ALAM et al., 2015; VIEIRA et al., 2015; LOPES et al., 2016). Para a primeira enzima, o molibdênio está ligado a um complexo de ferro-enxofre e homocitrato, recebendo o nome de FeMoco (KNEIP et al., 2007; SEEFELDT et al., 2009; HU; RIBBE, 2013; ALMEIDA et al., 2014), o qual atua nos nódulos radiculares, catalisando a reação que transforma o N_2 em NH_3 . Quando a planta absorve o nitrogênio do solo na forma de nitrato (NO_3^-), o composto não é assimilá-lo exigindo que este seja transformado em NH_4^+ (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). A primeira etapa dessa transformação é a redução de nitrato a nitrito (NO_2^-) (SILVA et al., 2011), reação catalisada pela nitrato redutase. Essa enzima depende, além do cofator formado por molibdênio ligado a uma pterina (Moco), da heme e FAD como grupos prostéticos, e que para exercer a atividade enzimática necessita especificamente de NADH ou NADPH (TEJADA-JIMÉNEZ et al., 2013; ALMEIDA et al., 2014). A FBN pelo feijoeiro é considerada baixa, por isso a necessidade de Mo está mais relacionada com a atividade da nitrato redutase (CALONEGO et al., 2010; BISCARO et al., 2011; SILVA et al., 2012).

Embora o uso de sementes enriquecidas e a aplicação foliar de Mo tendem a aumentar os teores de N nas plantas (BARBOSA et al., 2010; MELO FILHO et al., 2011; BERTOLDO et al., 2015), estes não se alteraram com a aplicação de Mo via foliar associada ao uso de sementes enriquecidas. O mesmo ocorre para os teores de cobalto e potássio nas sementes e folhas e de zinco nas sementes de feijão. Lopes et al. (2014), avaliando a influência do níquel e do molibdênio sobre os componentes de rendimento, crescimento e composição mineral do feijoeiro comum cv. Ouro Vermelho observaram que os teores de nitrogênio e potássio foliar não se alteraram com a adubação molibídica. Silva et al. (2012) e Lopes et al. (2016), avaliando a aplicação foliar de Mo sobre os teores nutricionais do feijoeiro, observaram que os teores foliares de potássio e zinco não se alteraram com a fertilização foliar desse nutriente. A este fato atribui-se a possível diluição dos nutrientes devido ao maior crescimento das plantas, ou translocação deste nutriente durante a formação das sementes (PESSOA et al., 2000; FERREIRA et al., 2002). O maior crescimento das plantas pode ser devido ao incremento de auxinas liberadas pelo simbionte ao feijão (SPAEPEN et al., 2007).

Sobre os teores de Mo no solo é possível inferir que não estavam adequados para o feijoeiro, uma vez que o aumento dos teores endógenos do nutriente nas sementes ou a aplicação foliar resultaram em incremento de Fe e Mo nas sementes e folhas e Zn nas folhas do feijoeiro. Pessoa et al. (2000), Possenti et al. (2010), Silva et al. (2012) e Lopes et al. (2014; 2016), analisando o efeito do molibdênio sobre o desenvolvimento e composição mineral do feijoeiro, observaram maiores teores de Mo nas folhas e sementes de feijão a partir da fertilização foliar com este nutriente. Esse resultado pode ser devido à pela lei do mínimo, em que o nutriente em menor quantidade determina o desenvolvimento da cultura, mesmo que os outros nutrientes estejam em quantidades adequadas (PERECIN; CARGNELUTTI FILHO, 2008; SANTOS, 2013) e acima desta pode até mesmo causar danos à planta (MARCARELLO et al., 2012). Isso foi notório ao combinar teores relevantes de molibdênio nas sementes com aplicação foliar do nutriente, o que reduziu o conteúdo foliar deste nutriente nas plantas e também os teores de nitrogênio nos grãos. Em suma, quanto maior for o teor de molibdênio na semente menor será a necessidade de aplicação foliar deste nutriente. Estes resultados confirmam que os micronutrientes são requeridos em pequenas quantidades pela planta (VIEIRA et al., 2015), dentro de uma faixa considerada ideal. Como é sabida, a assimilação de nutrientes na planta ocorre de acordo com a necessidade da cultura (GRANGEIRO et al., 2007), logo, em determinado momento, não haverá incrementos mesmo em condições de alta disponibilidade do nutriente. A não interação entre o uso de sementes enriquecidas e aplicação foliar de molibdênio para os teores deste nutriente nos grãos revela que os teores presentes nas sementes provavelmente são usados para o crescimento e desenvolvimento da planta, enquanto que os disponibilizados pela aplicação foliar são utilizados para a nutrição dos grãos.

Altos teores de molibdênio nas sementes, por si só, são suficientes para potencializar a absorção do zinco. Duas hipóteses são levantadas para explicar o incremento, sendo: a primeira direta, no qual o equilíbrio nutricional entre os nutrientes proporcionou os incrementos; e, a segunda indireta, pois a absorção de Zn aumenta com a diminuição do pH. Esta diminuição de pH na região da rizosfera é devido à reação para a captação do N_2 pela FBN (melhorada pelo molibdênio), na qual ocorre a liberação de hidrogênio, acidificando o meio e com isso melhorando a absorção do Zn (JACOB NETO; MACEDO, 2017). Por fim, os teores nutricionais foliares avaliados no estágio vegetativo R₆ não foram capazes de prever os teores finais dos nutrientes nas sementes (Tabela 2 e 3), pois a absorção ocorre mesmo em estágios mais avançados (ECHER et al., 2009) e a planta drena todas as reservas

na produção de descendentes (PEGORARO et al., 2014) não havendo relação direta e proporcional.

6 CONCLUSÕES

A aplicação foliar de molibdênio é uma técnica viável do ponto de vista fisiológico para a obtenção de incrementos de absorção de ferro e molibdênio nas folhas e grãos e de zinco somente nas folhas do feijoeiro.

O uso de sementes enriquecidas com molibdênio deve ser considerado como alternativa a fertilização convencional, visto que os teores deste nutriente nas sementes podem ser suficientes para melhorar a nutrição da planta (incrementos de 8,98 e 7,42 g Kg⁻¹ de nitrogênio nos grãos de plantas provenientes de sementes com baixo e médio teor de molibdênio, respectivamente; 8,34 mg dm⁻³ de Zn nas folhas de plantas provenientes de sementes com médio teor de molibdênio), dispensando a aplicação foliar.

A diferença entre o teor de molibdênio ideal para cultivo e aquele causador de toxidez é tênue, pois houve a interação entre os níveis de molibdênio nas sementes (de quantidade não detectada a 5,2 µg sementes⁻¹) e a dose foliar (de 0 e 500 g ha⁻¹) para nitrogênio nos grãos e de molibdênio nas folhas. Além disto, a absorção de molibdênio ocorre em todos os estágios da planta do feijoeiro e existe uma drenagem de todas as reservas para produção de descendentes.

REFERÊNCIAS

- ALAM, Faridul et al. Effect of molybdenum on nodulation, plant yield and nitrogen uptake in hairy vetch (*Viciavillosa* Roth). **Soil Science and Plant Nutrition**, [s.l.], v. 61, n. 4, p.664-675, 13 abr. 2015.
- ALMEIDA, Jefferson Luiz de et al. Adubação nitrogenada em cobertura e aplicação foliar de cobalto e molibdênio na cultura do feijão. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v. 12, n. 2, p.125-132, jun. 2014.
- ALVES, Maurício Vicente et al. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no oeste do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, São Paulo, v. 2, n. 32, p.589-598, nov. 2008.
- ALVES, Thais Oliveira et al. Estimativa do Consumo de Proteínas e Suplementos por Praticantes de Musculação em uma Academia da Baixada Fluminense, Rio de Janeiro. **Corpus Et Scientia**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p.1-10, jun. 2012.
- AMANE, M. I. V. et al. Adubação nitrogenada e molibídica cultura do feijão na zonada mata de minas gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 1, p.643-650, 1999.
- AMANE, Manuel I. V. et al. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molibídica. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 234, n. 41, p.202-216, 1994.
- AMBROSANO, E.J. et al. Efeito do nitrogênio no cultivo de feijão irrigado no inverno. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 53, n. 2-3, p.338-343, maio 1996.
- ANDRADE, Carlos Alberto de Bastos et al. Produtividade e qualidade nutricional de cultivares de feijão em diferentes adubações. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p.1077-1086, out. 2004.
- ASSUNÇÃO, P. E. V.; WANDER, A. E.. Competitividade do sistema agroindustrial do feijão-comum no Estado de Goiás. **Scientia Plena**, Goiânia, v. 10, n. 7, p.1-11, jul. 2014.
- BARBOSA, G. F. et al. Nitrogênio em cobertura e molibdênio foliar no feijoeiro de inverno. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p.117-123, 2010.
- BARBOSA, L. . Feijão com arroz e arroz com feijão: o Brasil no prato dos brasileiros. **Horizontes Antropológicos**, Porto Alegre, v. 13, n. 28, p.87-116, dez. 2007.
- BASSAN, D. A. Z. et al. Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão de inverno: produção e qualidade fisiológica das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Ilha Solteira, v. 23, n. 1, p.76-83, 26 mar. 2001.
- BENITE, A M C ; MACHADO, S. P. . Sideróforos: “uma resposta dos microorganismos”. **Química Nova**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 6, p.1155-1164, 2002.
- BERGER, P. G. ; VIEIRA, C. ARAÚJO, G. A. .. Efeitos de doses e épocas de aplicação do molibdênio sobre a cultura de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 7, p.473-480, jul. 1996.

BERTIN, R. L. et al. Estado nutricional e consumo alimentar de adolescentes da rede pública de ensino da cidade de São Mateus do Sul, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, Recife, v. 8, n. 4, p.435-443, dez. 2008.

BERTOLDO, Juliano Garcia et al. Alternativas na fertilização de feijão visando a reduzir a aplicação de N-ureia¹. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, v. 45, n. 3, p.348-355, set. 2015.

BISCARO, Guilherme Augusto et al. Nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar no feijoeiro irrigado cultivado em solo de cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 4, p.665-670, 29 set. 2011.

BITTNER, Florian. Molybdenum metabolism in plants and crosstalk to iron. **Frontiers In Plant Science**, Germany, v. 5, n. 1, p.1-7, fev. 2014.

BONETT, Lucimar Pereira et al. Compostos Nutricionais e fatores antinutricionais do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Arquivos de Ciências da Saúde da Unipar, Umuarama, v. 11, n. 3, p.235-246, dez. 2007.

BORDIN, Luciano et al. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p.417-428, out. 2003.

BREDEMEIER, Christian; MUNDSTOCK, Claudio Mario. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p.365-372, 2000.

BRITO, Marciano de Medeiros Pereira et al. Marcha de Absorção do Nitrogênio do solo, do Fertilizante e da Fixação Simbiótica em Feijão-Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e Feijão Comum (*Phaseolus vulgaris* L.) Determinada com o Uso de N. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, v. 33, n. 4, p.895-905, 2009.

BRITO, Marciano de Medeiros Pereira; MURAOKA, Takashi; SILVA, Edson Cabral da. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p.206-215, 2011.

CALONEGO, Juliano Carlos et al. Adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro com suplementação de molibdênio via foliar. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p.334-340, set. 2010.

CAMERON, K.c.; DI, H.j.; MOIR, J.l. Nitrogen losses from the soil/plant system: a review. **Annals Of Applied Biology**, New Zealand, v. 162, n. 2, p.145-173, 1 fev. 2013.

CARNEIRO, José Eustáquio de Souza et al. BRSMG Madrepérola: common bean cultivar with late-darkening Carioca grain. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 12, n. 1, p. 281-284, 2012.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_06_09_30_08_perspectivas_da_agropecuaria_bx.pdf Acesso em: 07 dez. 2017

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_10_16_16_34_39_graos_outubro_2017.pdf Acesso em: 28 out. 2017.

DEL GROSSI, S. R. **As características regionais da natureza. De Uberabinha à Uberlândia: os caminhos da natureza**. Tese de Doutorado em Geografia. Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, USP/ São Paulo, 172f.1991.

DOURADO NETO, Durval et al. Adubação mineral com cobalto e molibdênio na cultura da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, p.2741-2752, 20 dez. 2012. Universidade Estadual de Londrina.

ECHER, Fábio R; DOMINATO, Júlio C; CRESTE, José e. Absorção de nutrientes e distribuição da massa fresca e seca entre órgãos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, Presidente Prudente, v. 27, n. 2, p.176-182, jun. 2009.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análises de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

ENES, Carla Cristina; SILVA, Marina Vieira da. A Alimentação das Famílias do Centro-Oeste Brasileiro: Subsídios para Ações de Segurança Alimentar e Nutricional. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 15, n. 2, p.46-57, 2008.

FAGAN, Evandro Binotto et al. Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja. **Revista da Fvza**, Uruguaiana, v. 14, n. 1, p.89-106, 2007.

FARINELLI, Rogério; LEMOS, Leandro Borges. Produtividade, eficiência agronômica, características nutricionais e tecnológicas do feijão adubado com nitrogênio em plantio direto e convencional. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p.165-172, set. 2010.

FAROOQ, M; WAHID, A y SIDDIQUE, Kadambot H. M. Micronutrient application through seed treatments: a review. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* [online]. 2012, vol.12, n.1, pp.125-142. ISSN 0718-9516. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162012000100011>.

FERREIRA, Alexandre Cunha de Barcellos et al. Características agronômicas do feijoeiro em função do molibdênio contido na semente e da sua aplicação via foliar. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p.65-72, 2003.

FERREIRA, Alexandre Cunha de Barcellos et al. Influência do molibdênio contido na semente e da sua aplicação foliar sobre a composição mineral de folhas e sementes do feijoeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 49, n. 284, p.443-452, 2002.

GRANGEIRO, Leilson Costa; NEGREIROS, Maria Zuleide de; SOUZA, Brígida Savana de. Acúmulo e exportação de nutrientes em beterraba. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p.267-273, abr. 2007.

HU, Yilin; RIBBE, Markus W.. Nitrogenase assembly. **Biochimica Et Biophysica Acta (bba) - Bioenergetics**, California, v. 1827, n. 8-9, p.1112-1122, ago. 2013.

JACOB NETO, Jorge; MACEDO, R. A. T. . Efeitos do nitrato e amônio aplicados via foliar sobre a extrusão de H^+/OH^- na rizosfera e na nodulação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). **Semioses**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p.57-69, 20 abr. 2017.

KAPPES, Claudinei et al. Feijão comum: características morfo-agronômicas de cultivares. In: Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., 2008, Campinas. Ciência e tecnologia na cadeia produtiva do feijão. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008., 2008.

KINUPP, Valdely Ferreira; BARROS, Ingrid Bergman Inchausti de. Teores de proteínas e minerais de espécies nativas, potenciais hortaliças e frutas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 28, n. 4, p.846-857, dez. 2008.

KNEIP, Christoph et al. Nitrogen fixation in eukaryotes – New models for symbiosis. **Bmc Evolutionary Biology**, EUA, v. 7, n. 1, p.55-67, abr. 2007.

LEITE, Luiz Fernando Carvalho et al. Nodulação e produtividade de grãos do feijão-caupi em resposta ao molibdênio. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 40, n. 4, p.492-497, dez. 2009.

LEITE, Uberlândia Tiburtino et al. Influência do conteúdo de molibdênio na qualidade fisiológica da semente de feijão: cultivares Novo Jalo e Meia Noite. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 2, p.225-231, fev. 2009.

LIESENFELD, Vanessa et al. Fotossíntese: utilização de um modelo didático interativo para o processo de ensino e aprendizagem. **Revista Ensino de Bioquímica**, Cascavel, v. 13, n. 1, p.9-26, jun. 2015.

LOPES, Adriano da Silva et al. Manejo de irrigação e nitrogênio no feijoeiro comum cultivado em sistema plantio direto. *Revista Ciência Agronômica*, Ceará, v. 42, n. 1, p.51-56, mar. 2011.

LOPES, José Francisco et al. Adubação foliar com níquel e molibdênio no feijoeiro comum cv. Ouro Vermelho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 2, p.234-240, abr. 2014.

LOPES, José Francisco et al. Produtividade e composição mineral do feijão em resposta às adubações com molibdênio e níquel. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 3, p.419-426, jun. 2016.

MACEDO, Carla Fernandes; SIPAÚBA-TAVARES, Lúcia H.. Eutrofização e qualidade na água na piscicultura: consequências e recomendações. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, v. 36, n. 2, p.149-163, nov. 2010.

MARCARELLO, Ademar; YAMASHITA, Oscar Mitsuo; CARVALHO, Marco Antonio Camillo de. Qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro em função da aplicação foliar de cobalto e molibdênio. **Global Science And Technology**, Rio Verde, v. 5, n. 2, p.121-132, ago. 2012.

MEIRELES, Robson Celestino et al. Efeito da época e do parcelamento de aplicação de molibdênio, via foliar, na qualidade fisiológica das sementes de feijão. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 292, n. 50, p.699-707, ago. 2003.

MELO FILHO, Luiz Cobiniano de et al. Adubação molíbdica em feijoeiro no cone sul de rondônia. **R. Bras. Agrociência**, Pelotas, v. 17, n. 2-4, p.228-233, jun. 2011.

MILANI, Gustavo Lima et al. Aplicação foliar de molibdênio durante a maturação de sementes de soja. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 34, n. 4, p.810-816, ago. 2010.

NAKAO, Allan Hisashi et al. Aplicação foliar de molibdênio em soja: efeitos na produtividade e qualidade fisiológica da semente. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p.343-351, jul. 2014.

NASCENTE, Adriano Stephanet al. Adubação de cultivares de feijoeiro comum em várzeas tropicais. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 42, n. 4, p.407-415, dez. 2012.

PEGORARO, RodineiFaccoet al. Partição de biomassa e absorção de nutrientes pelo feijoeiro comum. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p.41-52, set. 2014.

PELEGRIN, Rodrigo de et al. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p.219-226, fev. 2009.

PERECIN, Dilermando; CARGNELUTTI FILHO, Alberto. Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p.68-72, fev. 2008.

PEREIRA, Paulo Sérgio et al. Avaliação da Influência do Fósforo e do Nitrogênio no Processo de Eutrofização de Grandes Reservatórios Estudo de Caso: Usina Hidrelétrica Foz do Areia. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p.43-52, mar. 2013.

PESSOA, A. C. S. et al. Concentração foliar de molibdênio e exportação de nutrientes pelo feijoeiro “ouro negro” em resposta à adubação foliar com molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p.75-84, 2000.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, Lucíaet al. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 28, n. 1, p.200-213, mar. 2008.

RIBEIRO, A. C. et al. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 5ª aproximação. Lavras: CFSEMG, 1999. 359p.

ROCHA, Silvania Arreco; LOUGON, Marcela Silva; GARCIA, Giovanni de Oliveira. Influência de diferentes fontes de poluição no processo de eutrofização. **Revista Verde**, Mossoró, v. 4, n. 4, p.1-6, dez. 2009.

ROSA, R., LIMA, S. C., ASSUNÇÃO, W. L. Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia-MG. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v.3, n.5 e 6. p.91-108. Jan/dez., 1991.

SANT’ANA, Edvaldo Vieira Pacheco et al. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura Spad e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 40, n. 4, p.491-496, dez. 2010.

SANTOS, Danilo Rheinheimer dos; GATIBONI, Luciano Colpo; KAMINSKI, João. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p.576-586, abr. 2008.

SANTOS, Joaquim Quelhas dos. A descoberta dos adubos minerais e a sua divulgação em Portugal. **Revista de Ciências Agrárias**, Portugal, v. 36, n. 1, p.104-122, 2013.

SEEFELDT, Lance C.; HOFFMAN, Brian M.; DEAN, Dennis R. Mechanism of Mo-Dependent Nitrogenase. **Annual Review of Biochemistry**, Utah, v. 78, n. 1, p.701-722, jun. 2009.

SILVA, E. M. **Análise das relações climato-hidrológicas e das demandas hídricas no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Bagagem**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 196 f. 2007.

SILVA, EM da, RIBEIRO AntonioGiacomini. "As tendências das variações climáticas na cidade de Uberlândia-MG (1981-2000)." *Caminhos de Geografia* 9.12: 174-190. 2004.

SILVA, Enilson de Barros et al. Aplicação foliar de molibdênio em feijoeiro irrigado cultivado no norte de minas gerais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p.64-71, mar. 2012.

SILVA, Mellissa A. S. da et al. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 11, n. 1, p.108-114, 2007.

SILVA, Paulo Regis Ferreira da et al. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p.1011-1020, jun. 2006.

SILVA, Sueli Maria da et al. Atividade da enzima nitrato redutase em milho cultivado sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. **Ciência Rural**, Santa Maria, n. 1141, p.1931-1937, nov. 2011.

SILVEIRA, Pedro Marques da; DYNIA, José Flávio; ZIMMERMANN, Francisco José Pfeilsticker. Resposta do feijoeiro irrigado a boro, zinco e molibdênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 20, n. 2, p.198-204, jun. 1996.

SIQUEIRA NETO, Marcos et al. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p.709-717, 28 ago. 2009.

SOARES, André Luis de Lima et al. Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG): II - feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 5, p.803-811, out. 2006.

SORATTO, Rogério Peres et al. Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p.211-218, jan. 2005.

SOUSA, Pedro Martins; MOREIRA, Fatima Maria de Souza. 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, dez. 2011.

SPAEPEN, Stijn; VANDERLEYDEN, Jos; REMANS, Roseline. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. **FemsMicrobiologyReviews**, Bélgica, v. 31, n. 4, p.425-448, jul. 2007.

TEJADA-JIMÉNEZ, Manuel et al. Molybdenum metabolism in plants. **Metalomics**, Chicago, v. 5, n. 9, p.1191-1203, 2013.

TOLEDO, Mariana Zampar et al. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 39, n. 2, p.124-133, jun. 2009.

VALADÃO, Franciele Caroline de Assis et al. Inoculação das sementes e adubações nitrogenada e molíbdica do feijoeiro-comum, em Rolim de Moura, RO. **Acta Amazonica**, Brasil, v. 39, n. 4, p.741-748, 2009.

VIDAL, Tician F.; CAPELO NETO, José. Dinâmica de nitrogênio e fósforo em reservatório na região semiárida utilizando balanço de massa. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 18, n. 4, p.402-407, 2014.

VIEIRA, Clibas; NOGUEIRA, Afrânio Otávio; ARAÚJO, Geraldo A. de A.. Adubação nitrogenada e molíbdica na cultura do feijão. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 67, n. 2, p.117-124, 1992.

VIEIRA, Rogério Faria et al. Aplicação foliar de molibdênio em feijoeiro: conteúdo do nutriente na semente e desempenho das plantas originadas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 41, n. 2, p.163-169, jun. 2011.

VIEIRA, Rogério Faria et al. A aplicação foliar de molibdênio na fase de enchimento de vagens do feijão-comum pode reduzir a qualidade da semente. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 4, p.415-419, ago. 2015.

WANDER, Alcides Elenore et al. Evolução da produção e do mercado mundial do feijão. In: Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45., 2007, Londrina. Conhecimentos para a agricultura do futuro. Brasília, DF: Sober; Londrina: Universidade Estadual de Londrina: IAPAR, 2007.

WANDER, A. E. al. Características Nutricionais, Produção e Comércio Mundial de Feijões. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, Brasília, v. 27, n. 1/3, p.11-28, dez. 2010.

WRUCK, Flávio Jesus; COBUCCI, Tarcísio; STONE, Luis Fernando. Efeito do tratamento de sementes e da adubação foliar com micronutrientes na produtividade do feijoeiro. **Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão**, p. 995-998, 2004.

XU, Nan et al. A Review of Molybdenum Adsorption in Soils/Bed Sediments: Speciation, Mechanism, and Model Applications. **Soil And Sediment Contamination: An International Journal**, [s.l.], v. 22, n. 8, p.912-929, nov. 2013.