

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA
CURSO DE AGRONOMIA

**MOLIBDÊNIO E BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO
NO CULTIVO DO AMENDOIM EM SOLO DO CERRADO**

Ludmila Freitas Marques de Queiroz

Cassilândia-MS
Junho de 2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA
CURSO DE AGRONOMIA

**MOLIBDÊNIO E BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO
NO CULTIVO DO AMENDOIM EM SOLO DO CERRADO**

Acadêmica: Ludmila Freitas Marques de Queiroz

Orientador: Prof. Dr. Fábio Steiner

“Trabalho apresentado como parte das exigências do Curso de Agronomia para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma”.

Cassilândia - MS
Junho de 2017

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

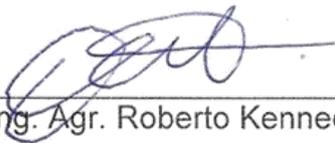
TÍTULO:

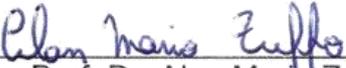
“ Molibdênio e Bactérias Fixadoras De Nitrogênio no Cultivo do Amendoim em Solo do Cerrado ”

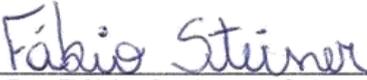
ACADÊMICO (A): Ludmila Freitas Marques de Queiroz

ORIENTADOR (A): Prof. Dr. Fábio Steiner

APROVADO pela comissão examinadora em vinte e três de junho de 2017.


Eng. Agr. Roberto Kennedy Mortate


Prof. Dr. Alan Mario Zuffo


Prof. Dr. Fábio Steiner- Orientador

EPIÍGRAFE

A persistência é o caminho do êxito.

Charles Chapin.

DEDICATÓRIA

Dedico esta conquista em especial aos meus pais Jeová e Maria Izabel pelo conjunto de fatores benéficos que contribuíram para a formação do meu caráter. Ao amor incondicional doado a mim, pela dedicação e comprometimento demasiado, colocando sempre a concretização de sonhos e objetivos das minhas irmãs e meus como prioridade e muitas vezes abdicando de sonhos e vaidades próprias tornando essa conquista possível.

Às minhas irmãs Jeovana e Izabela pela amizade, apoio e companheirismo recíproco, fazendo com que mantivéssemos sempre as mãos dadas apesar de opiniões divergentes e situações inestimadas.

Ao meu sobrinho e afilhado Pedro.

Aos meus avós Florinda (Filó) (*in memoriam*) e Vicente, aos meus tios Abílio, José Marques e Cláudia, as minhas primas-irmãs Régia e Rênia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me abençoar e guiar sempre.

Aos meus pais e irmãs pela confiança e investimento depositado em mim.

Ao meu namorado e companheiro de classe Dario pelo amor, companheirismo, carinho e cumplicidade durante momentos bons e ruins.

Às minhas amigas de república Lara; Jéssica (Potira); Priscila; Maiara; Naine; Taine (Veia); Júlia, aos meus colegas de classe e aos amigos da universidade pelo companheirismo e momentos magníficos vividos ao longo desses anos que ficarão para sempre em minha memória.

Ao meu namorado e aos meus amigos Renan, Vinicao, Marina (Saideira), Diego (Chacau), Aécio (Dilma), Cleyton (Xavasca) os quais ajudaram nas avaliações do trabalho.

Ao Prof. Dr. Fábio Steiner por me orientar e transmitir conhecimentos sempre com muita paciência e transparência, contribuindo de forma significativa em minha formação acadêmica e na execução deste trabalho.

Ao Dr. Alan Zuffo e aos Eng. Agrônomos Roberto Kennedy e Fernando Lourenço por aceitarem a ser integrantes e suplente, da minha banca avaliadora.

A UEMS- UUC, ao FUNDECT, ao CNPQ e a MG.V.

A todos, muito obrigada!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	3
2.1. Localização e Caracterização da Área Experimental	3
2.2. Delineamento Experimental e Tratamentos	4
2.3. Implantação e Condução do Experimento.....	4
2.4. Avaliações realizadas	6
2.4.1. Nodulação das plantas de amendoim	6
2.4.2. Altura e área foliar das plantas de amendoim.....	6
2.4.3. Produção de matéria seca das plantas de amendoim.....	7
2.4.4. Componentes da produção e produtividade de vagens e grãos.....	7
2.5. Análise de Estatística.....	8
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
4. CONCLUSÕES.....	12
5. REFERÊNCIAS.....	13

RESUMO

A adoção de práticas agrícolas sustentáveis que otimizem a fixação biológica de nitrogênio (FBN) pela cultura do amendoim são de extrema importância para assegurar elevados níveis de produtividade. Este estudo teve como objetivo avaliar a eficiência da coinoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* e/ou *Azospirillum brasilense* e da aplicação de molibdênio na nodulação, no crescimento das plantas e na produtividade da cultura do amendoim (*Arachis hypogaea* L., cv. RUNNER IAC 886), cultivado em um Neossolo Quartzarênico do Cerrado. O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), em Cassilândia – MS, no período de dezembro de 2016 a maio de 2017. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas pelo fator inoculação das sementes: i) controle (sem inoculação); ii) inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*; iii) inoculação com *Azospirillum brasilense*; e, iv) coinoculação com *B. japonicum* e *A. brasilense*. As subparcelas foram constituídas pela aplicação (+Mo) ou não de molibdênio (–Mo) na proporção de 10 g de Mo para 50 kg de sementes. Os resultados reportaram que o tratamento das sementes com molibdênio (Mo) melhorou a nodulação das raízes de amendoim, no entanto, não teve efeitos nos componentes de produção e na produtividade de vagens e de grãos da cultura do amendoim, quando cultivado em um solo arenoso do Cerrado. A inoculação das sementes com *B. japonicum* e *A. brasilense* de forma isolada ou combinada resultou no aumento da nodulação das raízes de amendoim e na produtividade de vagens e de grãos da cultura do amendoim. Estes resultados sugerem que a tecnologia da coinoculação pode proporcionar sustentabilidade para o sistema de produção de amendoim por melhorar a nodulação e a produtividade de vagens da cultura do amendoim.

Palavras-chave: *Arachis hypogaea* L., *Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum brasilense*, inoculação, nodulação, coinoculação.

ABSTRACT

The adoption of sustainable agricultural practices that optimize the biological nitrogen fixation (BNF) by the peanut crop are extremely important to ensure high levels of productivity. The objective of this study was to evaluate the efficiency of seed co-inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* and/or *Azospirillum brasilense* and the application of molybdenum in nodulation, plant growth and peanut yield (*Arachis hypogaea* L., RUNNER IAC 886), grown in a sandy soil of the Cerrado region. The experiment was conducted at the Agronomic Experimental Station of the State University of Mato Grosso do Sul (UEMS), in Cassilândia - MS, from December 2016 to May 2017. The experimental design was a randomized block design in plots subdivided, with four replications. The plots were constituted by seed inoculation factor: i) control (without inoculation); li) inoculation with *Bradyrhizobium japonicum*; lii) inoculation with *Azospirillum brasilense*; and, iv) co-inoculation with *B. japonicum* and *A. brasilense*. The subplots were constituted by the application (+Mo) or not of molybdenum (–Mo) in the ratio of 10 g of Mo to 50 kg of seeds. The results reported that treatment of seeds with molybdenum (Mo) improved the nodulation of the peanut roots, however, had no effect on the components of production and yield of pods and grains of the peanut crop when grown in sandy soil of the Cerrado. Seed inoculation with *B. japonicum*, *A. brasilense* alone or in combination resulted in increased nodulation of the peanut roots and yield of pods and grains of the peanut crop. These results suggest that co-inoculation technology can provide sustainability for the peanut production system by improving nodulation and productivity of peanut crop pods.

Key words: *Arachis hypogaea* L, *Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum brasilense*, inoculation, nodulation, co-inoculation.

1. INTRODUÇÃO

O molibdênio (Mo) é um micronutriente essencial para o crescimento das plantas, especialmente para as espécies leguminosas, como o amendoim (*Arachis hypogaea* L.), que são capazes de fixar o N₂ atmosférico. A importância deste micronutriente deve-se à sua participação como constituinte das enzimas nitrogenase, responsável pela fixação biológica do nitrogênio (FBN) por rizóbios, e da enzima nitrato redutase, responsável pela redução do nitrato (NO₃⁻) a nitrito (NO₂⁻) (KERBAUY, 2012). Portanto, tanto a FBN como a assimilação do N são seriamente afetadas pela deficiência de Mo no solo (LI et al., 2013). De fato, os sintomas de deficiência de Mo expressam-se em condições de deficiência de N, apresentando amarelecimento das folhas mais velhas e possíveis necroses marginais com acúmulo de nitrato (QUAGGIO et al., 2004).

Os solos do Cerrado, na sua maioria, caracterizam-se por serem ácidos e, nestas condições quando o pH é inferior a 5,0, a quantidade de Mo disponível para as plantas é extremamente baixa, resultando na deficiência desse micronutriente no solo (MENGEL; KIRKBY, 2001). Como o Mo é exigido em pequenas quantidades pelas plantas, este micronutriente pode ser aplicado via sementes. Quaggio et al. (2004) constataram que a aplicação de Mo via semente resultou em aumentos significativos no teor de N nas folhas de amendoim e, conseqüentemente, melhorou a rendimento de grãos da cultura. Portanto, o Mo tem sido considerado um dos micronutrientes de maior resposta para a cultura do amendoim em solos tropicais.

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.), por ser uma espécie leguminosa, apresenta a característica de associação com bactérias fixadoras de N (*Bradyrhizobium* sp.), o que lhe permite eficiência no processo de absorção desse nutriente. No entanto, a prática de inoculação com *Bradyrhizobium* (rizóbio) nos cultivos comerciais de amendoim no Brasil não tem sido muito comum, principalmente, devido a ampla faixa de rizóbios nativos presentes nos solos tropicais com capacidade de colonizar as raízes de amendoim (THIES et al., 1991). Apesar dessa constatação, em algumas situações, como em áreas de primeiro cultivo de plantas leguminosas, onde não existem populações consideráveis de rizóbio no solo, a prática de inoculação tem sido recomendada com a finalidade de

umentar o rendimento de grãos da cultura, como evidenciado por Crusciol e Soratto (2007).

Considerando as limitações da FBN do amendoim inoculado com *Bradyrhizobium*, a utilização de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCP), capazes de promover efeito sinérgico na nodulação e no crescimento das plantas, pode representar uma alternativa para maximizar a eficiência da fixação de N e incrementar a produtividade da cultura. Dentre as rizobactérias utilizadas na inoculação de outras espécies leguminosas, se destacam as bactérias do gênero *Azospirillum* (CASSÁN et al., 2008; HUNGRIA; NOGUEIRA, 2016). Neste contexto, iniciou-se, nos últimos anos no Brasil, os estudos com coinoculação de *Bradyrhizobium* sp. e *Azospirillum brasilense* nas culturas de soja e de feijão, buscando ganhos em nodulação e suprimento de N, e maior produtividade de grãos (HUNGRIA et al., 2013).

Nos casos em que se tem utilizado a bactéria *A. brasilense* em leguminosas, os efeitos benéficos da associação com a *Bradyrhizobium* se devem, na maior parte, na capacidade que a rizobactéria tem de fixar N₂ atmosférico (HUERGO et al., 2008), em estimular a produção de hormônios vegetais (CACCIARI et al., 1989; BOTTINI et al., 1989), aumentar a atividade da enzima nitrato redutase (CASSÁN et al., 2008) e solubilizar fosfato do solo (INAGAKI et al., 2014). Em geral, tem sido relatado que as RPCP beneficiam o crescimento e o desenvolvimento das plantas por uma combinação de todos esses mecanismos (DOBBELAERE et al., 2003). No entanto, não há estudos que comprovam os efeitos benéficos da coinoculação de bactéria dos gêneros *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na cultura do amendoim.

O presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência da coinoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* e/ou *Azospirillum brasilense* e da aplicação de molibdênio na nodulação, no crescimento das plantas e na produtividade do amendoim (*Arachis hypogaea* L., cv. RUNNER IAC 886), cultivado em um Neossolo Quartzarênico do Cerrado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e Caracterização da Área Experimental

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), em Cassilândia – MS, sob as coordenadas geográficas: longitude 51°48' W, latitude 19°05' S e altitude média de 470 m, no período de dezembro de 2016 a maio de 2017. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo tropical chuvoso (Aw), com verão chuvoso e inverno seco (precipitação no inverno menor que 60 mm), com precipitação pluvial e temperatura média anual de 1.520 mm e 24,1 °C, respectivamente. Os dados de precipitação pluvial e de temperatura no período de condução do experimento são mostrados na Figura 1.

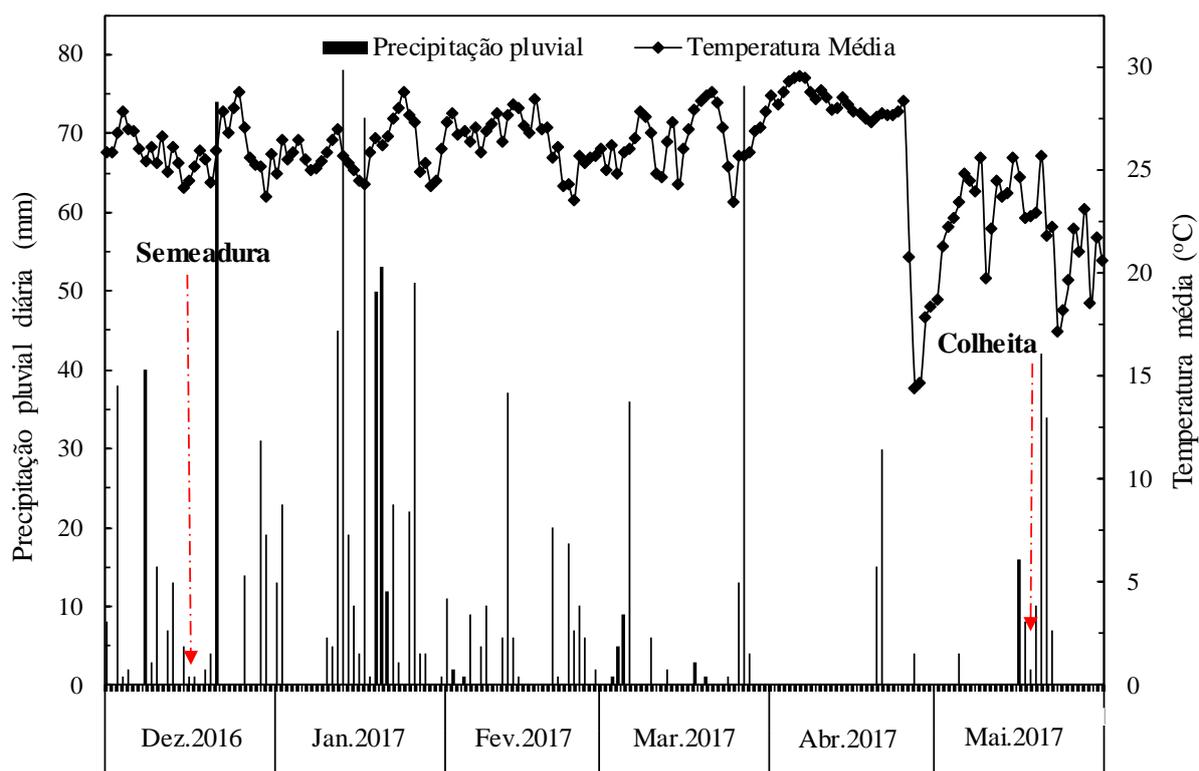


FIGURA 1. Precipitação pluvial (mm) e temperaturas média diária (°C) durante o período do experimento. Semeadura do amendoim (16/12/2016). Colheita do amendoim (18/05/2017). UEMS, Cassilândia/MS. 2015/2016.

O solo da área experimental foi classificado como Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 2006), profundo, bem drenado e de textura arenosa (95 g kg⁻¹ de argila, 50 g kg⁻¹ de silte e 855 g kg⁻¹ de areia). Antes do início do experimento, área

experimental vinha sendo ocupada com pastagem em elevado nível de degradação, em decorrência do inadequado uso e manejo do solo. Em agosto de 2016, antes da implantação do experimento, foram coletadas amostras de solo na camada de 0,0–0,20 m de profundidade para a realização das análises químicas, seguindo metodologia da Embrapa (2009). Os principais resultados das análises químicas do solo são mostrados na Tabela 1.

TABELA 1. Resultado da análise química do Neossolo Quartzarênico na camada de 0,0–0,20 m de profundidade antes da implantação do experimento. UEMS. Cassilândia/MS. 2016

pH	P _{Mehlich-1}	MO	H + Al	Al	K	Ca	Mg	CTC	V
CaCl ₂	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	-----		cmol _c dm ⁻³ -----				%
5,8	9,1	14,5	1,9	0,0	0,1	1,9	0,7	4,6	58
S-SO ₄	Micronutrientes								
	B	Mo*	Cu _{Mehlich-1}	Zn _{Mehlich-1}	Fe _{Mehlich-1}	Mn _{Mehlich-1}			
	----- mg dm ⁻³ -----								
2,0	0,08	0,38	0,60	0,30	8,00	5,70			

* Teor de Mo extraído por solução de 1,0 mol L⁻¹ de acetato de amônio.

2.2. Delineamento Experimental e Tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas com uma área de 21,0 m² (3,0 x 7,0 m), foram constituídas pelo fator inoculação das sementes [1) controle (sem inoculação); 2) inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*; 3) inoculação com *Azospirillum brasilense*; e, 4) coinoculação com *B. japonicum* e *A. brasilense*]. As subparcelas tiveram uma área de 10,5 m² (3,0 x 3,5 m), e foram constituídas da aplicação (+Mo) ou não de molibdênio (-Mo) na proporção de 10 g/50⁻¹ kg de semente.

Cada unidade experimental (subparcela) foi constituída de quatro linhas de semeadura de amendoim no espaçamento entrelinhas de 0,75 m, sendo que as avaliações de nodulação, produção de matéria seca e de produtividade foram realizadas nas duas linhas centrais, desprezando-se 0,5 m de bordadura nas extremidades de cada fileira de plantas (totalizando uma área útil de 3,75 m² (1,5 m de largura x 2,5 m de comprimento)).

2.3. Implantação e Condução do Experimento

Em Novembro de 2016, o preparo de solo foi realizado mediante uma gradagem pesada e duas gradagens leve, deixando a área experimental nivelada, apta para o cultivo de amendoim e livre de plantas daninhas.

Antes da semeadura, as sementes de amendoim foram tratadas com Mo e inoculadas com as bactérias fixadoras de N, conforme os tratamentos estudados. A fonte de Mo utilizada foi o fertilizante comercial para sementes Nódulus[®] Premium 125 (Biosoja) contendo: Mo, 10%; Co, 1%; S, 1%; Ca, 1%; Fe, 0,2%. A inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* foi realizada com o inoculante comercial líquido Simbiose Nod Soja[®] (Simbiose: Agrotecnologia Biológica) contendo as estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080 (concentração mínima de $7,2 \times 10^9$ células viáveis por mL), na dose de 150 mL para 50 kg de sementes. Para a inoculação com *Azospirillum brasilense* foi utilizado o inoculante comercial líquido AzoTotal[®] (Total Biotecnologia) que contém as estirpes AbV5 e AbV6 (concentração mínima de $2,0 \times 10^8$ células viáveis por mL), na dose de 200 mL para 50 kg de sementes. A coinoculação foi realizada misturando as duas rizobactérias, nas mesmas proporções utilizadas quando inoculadas isoladamente, ou seja, 150 mL do inoculante contendo *B. japonicum* + 200 mL de inoculante contendo *A. brasilense* para 50 kg de sementes de amendoim. As quantidades de inoculantes utilizadas foram dissolvidas em uma solução contendo 2 mL/kg de semente de aditivo para inoculante Protege[®] TS (Total Biotecnologia) e, então, ambos os produtos (inoculante + aditivo) foram aplicadas nas sementes 30 minutos após a aplicação de Mo. O aditivo para inoculante é constituído de metabólitos ativos de bactérias, complexo de açúcares e biopolímeros encapsulantes e tem a finalidade de melhorar a proteção e a viabilidade das bactérias sobre as sementes.

A semeadura do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) foi realizada manualmente, no dia 16/12/2016, utilizando-se o cultivar RUNNER IAC 886 de porte rasteiro, ciclo longo de 125 a 130 dias, e peso médio de 100 grãos de 48 a 60 g. Foi utilizado o espaçamento entrelinhas de 0,75 m e quantidade de sementes suficientes para obtenção de densidade de 10 a 12 plantas por metro. A emergência das plântulas ocorreu no dia 23/12/2016 (7 dias após a semeadura). A adubação de semeadura foi realizada de acordo com as recomendações de Sousa e Lobato (2004), com aplicação de 800 kg/ha^{-1} da fórmula 04-14-08 no sulco de semeadura.

O controle das plantas daninhas durante a condução do experimento foi realizado com duas capinas manuais aos 33 dias após emergência (DAE), (25/01/2017) e aos 109 DAE (11/04/2017).

O manejo fitossanitário de praga foi realizado aos 40 DAE (01/02/2017) com a aplicação do inseticida sistêmico imidacloprido + beta-ciflutrina (CONNECT[®]) na

dosagem de 100 + 12,5 g i.a. ha⁻¹. Para o controle de doenças, aos 40 DAE (01/02/2017) foi realizado a aplicação do fungicida trifloxistrobina + tebuconazol (NATIVO®) na dosagem de 60 + 120 g i.a. ha⁻¹.

A colheita do amendoim foi realizada manualmente, no dia 18/05/2017 (146 DAE), coletando-se todas as plantas contidas na área útil.

2.4. Avaliações realizadas

2.4.1. Nodulação das plantas de amendoim

Número de nódulos por planta: no estágio entre o início do florescimento e início da formação dos ginóforos, aos 66 DAE (27/02/2017), foram coletadas cinco plantas sucessivas contidas nas duas linhas centrais de cada subparcela, utilizando-se um enxadão na profundidade de 0,0 a 0,30 m. Em seguida, as plantas foram levadas ao laboratório para lavagem do sistema radicular e contagem do número de nódulos por planta.

Matéria seca de nódulos por planta: após avaliação do número de nódulos por planta, os nódulos foram secados em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, por 72 horas, e posteriormente pesados. Os dados foram expressos em miligramas por planta (mg planta⁻¹).

2.4.2. Altura e área foliar das plantas de amendoim

Aos 66 DAE, estágio entre o início do florescimento e início da formação dos ginóforos do amendoim, altura de planta (AP) foi realizada medindo-se a haste principal do colo até o meristema apical de cinco plantas com o auxílio de régua graduada em centímetro (cm).

A área foliar (AF) foi determinada seguindo metodologia proposta por Benincasa (2003), com modificações. Após a separação de todas as folhas das cinco plantas, foram retirados 10 discos foliares de área conhecida (2,0 cm²), que foi considerada a área foliar da amostra (AF_{Amostra}). Em seguida, após a secagem em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65 °C, por 48 horas, foi determinada a massa seca da amostra (MS_{Amostra}) e a massa seca das folhas (MSF). A área foliar total da planta (AF) foi obtida através da seguinte equação: $AF = [(AF_{Amostra} \times MSF)/MS_{Amostra}]$.

2.4.3. Produção de matéria seca das plantas de amendoim

Para a quantificação da matéria seca da parte aérea e das raízes, no estádio entre o início do florescimento e início da formação dos ginóforos, aos 66 DAE (27/02/2017), foram coletadas cinco plantas sucessivas contidas nas duas linhas centrais de cada subparcela, utilizando-se um enxadão na profundidade de 0,0 a 0,30 m. Após a lavagem do sistema radicular, as plantas foram separadas em parte aérea e raízes, acondicionadas em saco de papel, secas em estufa de circulação forçada de ar à 65 °C, por 72 h, e, então, pesadas em balança analítica. A massa de matéria seca da parte aérea e das raízes foram expressos em gramas por planta (g/planta^{-1}).

2.4.4. Componentes da produção e produtividade de vagens e grãos

População final de plantas: determinada por ocasião da colheita através da contagem das plantas contidas em duas linhas de 1,5 m de comprimento da área útil de cada unidade experimental, e posteriormente os resultados foram convertidos para mil plantas por hectare (plantas ha^{-1}).

Número de hastes por planta: foi obtido por meio da contagem do número total de hastes dividido pelo número total de plantas coletadas na área útil de cada unidade experimental.

Número de vagens por planta: foi obtido por meio da contagem do número total de vagens granadas contidas nas plantas coletadas na área útil de cada unidade experimental e, posteriormente, dividido pelo número total de plantas.

Número de grãos por vagem: foi obtido por meio da contagem do número total de grãos dividido pelo número total de vagens contidas nas plantas coletadas na área útil de cada unidade experimental.

Massa de 100 grãos: foi obtido através da coleta ao acaso e pesagem de duas amostras de 100 grãos por unidade experimental, corrigindo-se o teor de água para 90 g kg^{-1} (base úmida).

Produtividade de vagens: as plantas contidas na área útil de cada unidade experimental (subparcela) foram arrancadas manualmente e levadas ao laboratório para a secagem a sombra. Após a secagem, as vagens foram pesadas e os dados transformados em kg ha^{-1} , corrigindo-se para 90 g kg^{-1} de teor de água (base úmida).

Rendimento de grãos: foi obtido através da pesagem dos grãos debulhados das vagens coletadas na área útil das parcelas experimentais e, posteriormente, convertido para kg ha^{-1} e padronizada para 90 g kg^{-1} de teor de água (base úmida). O rendimento de grãos também foi expresso em porcentagem (%) através da relação entre a massa de grãos e de vagens de cada unidade experimental.

2.5. Análise de Estatística

Os dados foram tabulados e submetidos à análise de variância seguindo o esquema de parcelas subdivididas, aplicando-se o teste F em nível de 5% de probabilidade. As médias dos tratamentos com molibdênio e da inoculação das sementes foram comparadas pelo teste F e teste t (LSD), respectivamente, ambos ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico Sisvar versão 5.3 para Windows (Software de Análises Estatísticas, UFLA, Lavras, MG, BRA) (FERREIRA, 2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, em todas as variáveis avaliadas não houve efeito significativo da interação (aplicação de Mo versus inoculação) (Tabela 2). Desta forma, os resultados foram apresentados para cada fator.

A aplicação de Mo afetou significativamente ($p < 0,05$) apenas o número de nódulos por planta e a matéria seca dos nódulos (Tabela 2). Os resultados reportaram que a aplicação de Mo resultou no aumento de 49 e 60% no número de nódulos por planta e na matéria seca dos nódulos, respectivamente, em virtude da importância que o Mo tem para a FBN (KERBAUY, 2012). Resultados semelhantes foram obtidos por Caires e Rosolem (2000), que verificaram o aumento na nodulação das raízes de amendoim com a aplicação de Mo. Em outro estudo com a cultura de feijão, Matoso e Kusdra (2014), também constataram que o Mo melhorou a nodulação das raízes. Esses resultados conferem também com a pesquisa de Leite et al. (2009), que dão importância a esse quesito pois o feijão-caupi quando bem nodulado pode atingir altos níveis de produtividade.

TABELA 2. Efeito da aplicação de molibdênio e da inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* no número de nódulos por planta (NNP), na matéria seca dos nódulos (MSN), na altura das plantas (AP), na área foliar (AF), na matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca das raízes (MSR) das plantas de amendoim cv. IAC RUNNER 886. UEMS. Cassilândia-MS, 2016/2017.

Fontes de Variação	NNP (n°.)	MSN (mg)	AP (cm)	AF (dm ² /planta ⁻¹)	MSPA (g/planta ⁻¹)	MSR (g/planta ⁻¹)
Aplicação de Molibdênio						
Sem	172 b	84 b	23,8 a	108 a	10,5 a	4,51 a
Com	259 a	135 a	23,2 a	125 a	11,8 a	4,87 a
Inoculação						
Controle	170 b	82 a	24,2 a	105 a	10,5 a	4,45 a
<i>B. japonicum</i>	211 b	103 a	24,2 a	128 a	12,0 a	4,57 a
<i>A. brasilense</i>	204 b	112 a	23,5 a	118 a	11,5 a	5,37 a
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i>	268 a	144 a	22,0 a	114 a	10,6 a	4,39 a
C.V. (%)	34,23	41,74	18,48	24,34	26,59	22,61

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade.

Dentre esses nutrientes o Mo se destaca por ser um constituinte básico das enzimas nitrogenase, que atua na redução do N₂ a amônia (NH₃) (PESSOA et al., 2001), e da enzima nitrato redutase, responsável pela redução de nitrato (NO₃⁻) a nitrito (NO₂⁻) (KERBAUY, 2012). Nesse sentido, Trevisan e Steiner (2016), relataram que a adubação de Mo melhorou a nodulação das raízes e a nutrição nitrogenada das plantas, porém, em relação aos componentes de produção e produtividade de

vagens e de grãos da cultura do amendoim surtiram poucos efeitos, entrando em concordância com este trabalho. Esses resultados provavelmente estão relacionados ao teor de Mo presente no solo que foi capaz de suprir as necessidades das plantas em estágio inicial de crescimento proporcionando bom desenvolvimento.

A inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* influenciou significativamente ($p < 0,05$) na nodulação, população final de plantas, no número de vagens por plantas, na produtividade de vagens e no rendimento de grãos (Tabela 3). De acordo com Silva et al. (2009), essa prática é vantajosa em aspecto econômico por proporcionar o total aproveitamento do N fixado, diferente da utilização de fertilizantes químicos. Nesse sentido, Spolaor et al. (2016), relatou que a fixação biológica de N pode diminuir o uso de fertilizantes nitrogenados.

Os tratamentos submetidos a coinoculação culminaram em maior população final de plantas de amendoim (Tabela 3). Visto isso, estudos realizados por Peres (2014), verificou que a população de plantas de feijão é maior significativamente quando há a coinoculação do que somente a inoculação de *A. brasilense* concordando com os resultados obtidos nesta pesquisa.

TABELA 3. Efeito da aplicação de molibdênio e da inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* na população final de plantas (PF), no número de hastes por planta (NHP), no número de vagens por planta (NVP), no número de grãos por vagem (NGV), na massa de 100 grãos (M100), na produtividade de vagens (PROD) e no rendimento de grãos (REND) da cultura do amendoim cv. IAC RUNNER 886. UEMS. Cassilândia-MS, 2016/2017.

Fontes de Variação	PF (plantas/ha ⁻¹)	NHP (n ^o .)	NVP (n ^o .)	NGV (n ^o .)	M100 (g)	PROD (kg ha ⁻¹)	REND (kg ha ⁻¹)
Aplicação de Molibdênio							
Sem	113.333 a	8,00 a	12,2 a	1,47 a	68,2 a	1.824 a	1.443 a
Com	113.889 a	8,38 a	13,2 a	1,46 a	68,5 a	1.913 a	1.511 a
Inoculação							
Controle	109.444 b	8,50 a	11,7 b	1,48 a	66,8 a	1.595 b	1.255 b
<i>B. japonicum</i>	111.111 b	8,25 a	14,5 a	1,41 a	74,0 a	2.100 a	1.660 a
<i>A. brasilense</i>	110.000 b	8,12 a	12,6 ab	1,50 a	66,2 a	1.872 ab	1.484 ab
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i>	123.889 a	7,87 a	11,8 b	1,47 a	66,5 a	1.907 a	1.510 a
C.V. (%)	9,72	10,37	19,86	9,73	11,78	15,73	15,93

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade.

A inoculação de *B. japonicum* proporcionou maior número de vagens por planta, se diferenciando do controle (Tabela 3). Nesse sentido, segundo Braccini et al. (2016), a inoculação de *B. japonicum* via semente é significativamente superior

em número de vagens por planta do que quando realizada a coinoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense* em soja se assemelhando a este trabalho. Golo et al. (2009), afirmaram que a inoculação de *B. japonicum* em soja proporciona ganhos quantitativos nesse fator em relação ao controle. Resultados diferentes foram publicados por Peres (2014), que verificou que quando se aplica *A. brasilense* em feijão, o número de vagens por planta é superior ao controle de forma significativa.

A inoculação da bactéria *B. japonicum* de forma isolada e a coinoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense* resultaram em ganhos na produtividade de vagens e no rendimento de grãos se diferenciando do controle (Tabela 3).

Sizenando (2015) corrobora com este trabalho pois ele obteve resultados em que a inoculação com três isolados do gênero *Bradyrhizobium* incrementaram a produtividade de vagens em amendoim, sendo significativamente superior ao controle.

Estudos realizado por Torneli et al. (2015), obtiveram resultados idênticos a este trabalho em relação ao rendimento de grãos em soja, sendo que a inoculação de *B. japonicum* e a coinoculação se diferenciaram do controle.

4. CONCLUSÕES

O tratamento das sementes com molibdênio melhorou a nodulação das raízes de amendoim, no entanto, não teve efeito nos componentes de produção e na produtividade de amendoim, quando cultivado em um solo arenoso do Cerrado.

Para os tratamentos referente a inoculação de bactérias diazotróficas, apenas a aplicação de forma combinada de *B. japonicum* e *A. brasilense* resultou em aumento da nodulação das raízes de amendoim.

Para os componentes de produção, tanto a inoculação de *B. japonicum* de forma isolada e a coinoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense*, incrementaram a produtividade de amendoim em vagem e rendimento de grãos.

5. REFERÊNCIAS

- BOTTINI, R.; FULCHIERI, M.; PEARCE, D.; PHARIS, R.P. Identification of gibberellins A1, A3 and iso-A3 in cultures of *Azospirillum lipoferum*. **Plant Physiology**, v.90, p.45-47, 1989.
- BRACCINI, A. L.; MARIUCCI, G. E. G.; SUZUKAWA, A.K.; LIMA, L. H. S.; PICCININ, G. G. Co-inoculação e modos de aplicação de *bradyrhizobium japonicum* e *azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada na nodulação das plantas e rendimento da cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 1, p. 27-35, 2016.
- CACCIARI, I.; LIPPI, D.; PIETROSANTI, T.; PIETROSANTI, W. Phytohormone-like substances produced by single and mixed diazotrophic cultures of *Azospirillum* and *Arthrobacter*. **Plant and Soil**, v.115, p.151-153, 1989.
- CAIRES, E. F.; ROSOLEM, C. A. Nodulação e absorção de nitrogênio pelo amendoim em resposta à calagem, cobalto e molibdênio. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 2, p. 337-341, 2000.
- CASSÁN, F.; SGROY, V.; PERRIG, D.; MASCIARELLI, O.; LUNA, V. Producción de fitohormonas por *Azospirillum* sp. Aspectos fisiológicos y tecnológicos de la promoción del crecimiento vegetal. In: CASSÁN, F.D.; SALAMONE, I.G. de (Ed.) ***Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Montevideo: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p. 61-86.
- CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Nutrição e produtividade do amendoim em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1553-1560, 2007.
- DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 22, p. 107-149, 2003.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA– EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA - Embrapa Solos. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Brasília, DF: Embrapa Solos, 2009. 627p
- FERREIRA, D.F. SISVAR - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.
- GOLO, A. L.; KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M. Qualidade das sementes de soja com a aplicação de diferentes doses de molibdênio e cobalto. **Revista Brasileira de Sementes**. Londrina- PR, v.31, n.1, p.40-49, 2009.

HUERGO, L. F.; MONTEIRO, R. A.; BONATTO, A. C.; RIGO, L. U.; STEFFENS, M. B. R.; CRUZ, L. M.; CHUBATSU, L. S.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. ***Azospirillum sp.***: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Asociación Argentina de Microbiología, Argentina, 2008. p.17-35.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. **Biology Fertility of Soils**, v. 49, n. 7, p. 791-801, 2013.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. Efeitos da co-inoculação. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, v. 170, n. 1, p. 40-41, 2013.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Recuperação de Áreas Degradadas**, 2016.

INAGAKI, A. M.; GUIMARÃES, V. F.; RODRIGUES, L. F. O. S.; SILVA, M. B.; DIAMANTE, M. S.; RAMPIM, L.; MIORANZA, T. M.; DUARTE JÚNIOR, J. B. Phosphorus fertilization associated to inoculation of maize with diazotrophic bacteria. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 48, p. 3480-3487, 2014.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2 ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, RJ, Brazil. 2012, 431p.

LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; COSTA, C. N.; RIBEIRO, A. M. B. Nodulação e Produtividade de grãos do feijão-caupi em resposta ao molibdênio. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza – Ce, v. 40, n. 4, p. 492-497, 2009.

LI, S. X.; WANG, Z. H.; STEWART, B. A. Chapter Five. Responses of Crop Plants to Ammonium and Nitrate N. **Adv. Agron.** 118: 205-397, 2013.

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, PB, v.18, n.6, p.567–573, 2014.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5th ed. Academic Publishers, Dordrecht, Kluwer, USA, 2001.

PERES, A. R. **Co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* em feijoeiro cultivado sob duas lâminas de irrigação: produção e qualidade fisiológica de sementes**. 2014. 70p. Dissertação (Mestrado Em Agronomia, Sistemas De Produção) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira-SP, 2014.

PESSOA, A. C. S.; RIBEIRO, A. C.; CHAGAS, J. M.; CASSINI, S. T. A. 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- MG, v.24, p.217-224, 2001.

QUAGGIO, J. A.; GALLO, P. B.; OWINO-GERROH, C.; ABREU, M. F.; CANTARELLA, H. Peanut response to lime and molybdenum application in low pH soils. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 4, p. 659-664, 2004.

SILVA, A. L. P.; SANTOS, L. P.; CERDEIRO, A. P.; OBERLE, R. Adubação nitrogenada na formação de amendoim forrageiro. **Ciência e Cultura**, n.40, p.82-85, 2009.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.) **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

SIZENANDO, C. I. T. **Estimativa De Produção De Genótipos De Amendoim Inoculados Com Isolados De Bradyrhizobium**. 2015. 47p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Biotecnologia e Melhoramento Vegetal) – Universidade Estadual da Paraíba/ Embrapa Algodão, CAMPINA GRANDE – PB, 2015.

SPOLAOR, L. T.; GONÇALVES, L. S. A.; SANTOS, O. J. A. P.; OLIVEIRA, A. L. M.; SCAPIM, C. A.; BERTAGNA, F. A. B.; KUKI, M. C. Bactérias promotoras de crescimento associadas a adubação nitrogenada de cobertura no desempenho agrônômico de milho pipoca. **Bragantia**. Campinas- SP, v.75, n.1, p.33-40, 2016.

THIES, J. E.; SINGLETON, P. W.; BOHLOOL B. B. Influence of the size of indigenous rhizobial populations on establishment and symbiotic performance of introduced rhizobia on field-grown legumes. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 57, n. 1, p. 19-28, 1991.

TORNELI, I. M. B.; LIBÓRIO, P. H. S.; NÓBILE, F. O.; TREVISOLI, S. H. U.; MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A. Desempenho De Cultivares De Soja Em Resposta A Co-Inoculação Nas Sementes. **Ciência & Tecnologia: Fatec-JB**, Jaboticabal- SP, v. 7, 2015. Número especial.

TREVISAN, M. V.; STEINER, F. Inoculação e adubação molíbdica no amendoim cultivado em áreas de recuperação de pastagens degradadas. In: ENCONTRO DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO- ENEPEX. 2006, Dourados- MS. **Resumos...** Dourados- MS: Universidade Federal da Grande Dourados- UFGD, 2016.