

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

DISSERTAÇÃO

**Efeito da aplicação de molibdênio em caupi (*Vigna unguiculata*
(L.) Walp.) em condições de campo.**

José Milton Alves

2005



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

EFEITO DA APLICAÇÃO DE MOLIBDÊNIO EM CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) EM CONDIÇÕES DE CAMPO.

JOSÉ MILTON ALVES

Sob a Orientação do Professor
Jorge Jacob Neto

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de concentração em produção vegetal.

Seropédica, RJ
Janeiro de 2005

633.33

A474e

T

Alves, José Milton, 1974-

Efeito da aplicação de molibdênio em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) / José Milton Alves. - 2005.

56 f. : il.

Orientador: Jorge Jacob Neto.

Dissertação(mestrado)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia.

Bibliografia: f. 47.

1. Feijão-de-corda - Cultivo - Teses. 2. Feijão-de-corda - Nitrogênio - Fixação - Teses. 3. Feijão-de-corda - Teses. I. Jacob Neto, Jorge, 1955- II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

JOSÉ MILTON ALVES

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências, no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de concentração produção vegetal.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM, 27 / 01 / 2005

Jorge Jacob Neto. PhD. - UFRRJ

José Carlos Polidoro. Dr. – UFRRJ

Vera Lúcia Divan Baldani. PhD.- EMBRAPA - CNPAB

Dedico este trabalho a Cassia Cristina Fernandes Alves pelo apoio e incentivo durante a superação de tantos obstáculos em toda nossa jornada.

Ao nosso filho Daniel, o maior projeto de nossas vidas.

A meus familiares, minha mãe Maria Catarina pelo amor e dedicação, meu pai Osvaldo pelo exemplo, meus irmãos, avós, tios, sobrinhos pelo apoio.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter-me acompanhado nesta jornada, permitindo-me atingir meus objetivos.

Ao Prof. Jorge Jacob Neto, pela amizade, orientação e ensinamentos indispensáveis em minha formação.

A Prof^a Silvia Regina Goi que esteve sempre disponível, principalmente nos momentos difíceis.

A Janaína Gomes de Andrade pelas valiosas contribuições e pela amizade.

A todos os professores do curso de agronomia, que de uma forma ou de outra contribuíram na minha formação pessoal e profissional.

A UFRRJ, pela oportunidade de minha formação.

Aos meus amigos do laboratório Milton, Flor, Kurt, Henrique, Fernanda, Senna, João, Marcelo, Penha, que muito me ajudaram na realização deste trabalho e pela presença no dia a dia.

Aos meus colegas de curso, Ariane, Cristiane, Gustavo, Mariluci, Francisco, Uerê e especialmente ao amigo Cleiton Mateus Sousa, companheiro em tantas dificuldades.

Aos amigos de Arraias pelo incentivo: Maurício, Liliana, José Francisco, Carlos, Cira, Sérgio, Marilene, Cineide, Ivanildo e Jeane.

Aos funcionários do Campo Experimental da Fitotecnia, Serginho, José de Sousa, Onar, Claudinho, Tião, Sales que muito colaboraram nos experimentos de campo.

Aos funcionários da Fitotecnia: Marly, Genésio, Cristina pela atenção que sempre me dispensaram.

A CAPES e CNPq pelos auxílios que me permitiram chegar até aqui.

A minha esposa Cassia Cristina Fernandes Alves, pelas contribuições neste trabalho e no dia-a-dia.

A todos que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

José Milton Alves, nascido em 20 de março de 1974 na cidade de Quirinópolis estado de Goiás. Em 1994 concluiu o curso Técnico em Agropecuária na Escola Agrotécnica Federal de Rio Verde, GO. Bolsista de Iniciação Científica CNPq/UFRRJ por quatro anos. Engenheiro Agrônomo formado pela UFRRJ em 2002, e Licenciado em Ciências Agrícolas também pela UFRRJ em 2004. Em 2003 ingressou no Curso de Pós Graduação em Fitotecnia pela UFRRJ.

RESUMO

ALVES, José Milton. **Efeito da aplicação de molibdênio em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) em condições de campo**. Seropédica: UFRRJ, 2005. 56p. Dissertação, (Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. 2005.

Este trabalho foi desenvolvido na área experimental do Departamento de Fitotecnia da UFRRJ com o objetivo de estudar a aplicação de molibdênio em plantas de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Foram conduzidos dois experimentos utilizando sementes da linhagem CNCx 409-11F-P2 obtendo-se uma população final de 200 mil plantas.ha⁻¹. O primeiro experimento foi conduzido em um esquema fatorial em delineamento em blocos ao acaso com 4 repetições, 5 níveis de Mo aplicados via foliar (100, 200, 400, 800 g.ha⁻¹) e testemunha, 3 épocas de aplicação (32 Dias Após a Germinação, Floração Plena e Enchimento dos Grãos), num total de 60 parcelas. Durante o período de desenvolvimento da cultura foram realizadas coletas das plantas com 48 e 79 DAG e no final do ciclo da cultura, para determinação do número de nódulos, do peso de nódulos secos, do peso da parte aérea e da raiz secas e produtividade. No segundo experimento foram utilizados 2 níveis de pH (5,5 e 6,5), 6 níveis de Mo via foliar (20, 40, 80, 160, 1280 g.ha⁻¹) e testemunha, 2 formas de aplicação do molibdênio (sulco e foliar) que ocorreu com 56 DAG e 4 repetições, num total de 96 parcelas. Foram realizadas coletas das plantas com: 62, 73 e 87 DAG e no final do desenvolvimento da cultura, onde foram determinados o número de nódulos, peso de nódulos secos, do peso da parte aérea e da raiz secas, produtividade e concentração de molibdênio nas sementes. A aplicação foliar de Mo aumentou o número de nódulos das plantas de caupi. Ocorreu uma grande variação das características avaliadas, peso de nódulo, raiz e parte aérea secas em função da forma de aplicação de Mo e do pH do solo. O aumento da concentração de molibdênio nas sementes foi linear, independente da forma de aplicação e do pH. As concentrações de Mo encontradas nas sementes ficaram entre 0,45 a 26,93 µg.Mo.semente⁻¹.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, molibdênio, Fixação biológica de nitrogênio, caupi.

ABSTRACT

ALVES, José Milton. **Effect of Mo application in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) growth at field conditions.** 2005. 56p. Dissertation (Master Science in Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. 2005.

Two experiments were carried out at field conditions in the Department de Fitotecnia – UFRRJ with the aims of the study the effect of molybdenum in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). The seeds from the cultivar CNCx 409-11F-P2 were used with a plant population of 200.000 plants.ha⁻¹. The first experiment was arranged in a factorial block design with 4 replications, 5 levels of Mo (100, 200, 400, 800 g.ha⁻¹) applied in the leaves and the control, 3 times of application (32 days after germination, flowering period and seed pod filling). During the plant development, 3 harvests were made: 48 and 79 DAG and at the end of plant grown. The parameters analyzed were: number and weight of nodules, shoot and root dry weight and productivity. At the second experiment, the treatments were applied: two levels of pH (5.5 and 6.5); six levels of Mo (20, 40, 80, 160, 1280 g. ha⁻¹) applied in the leaves and the control; 2 ways of Mo application (in the soil and foliar application); with 4 replications. The harvests were made at 62, 73 and 87 DAG and at the end of plant growth. The parameters analyzed were: number and weight of nodules, shoot and root dry weight, productivity and Mo concentration in the seeds. The foliar applications of Mo increase the number of nodules. Occurred a significant variation of weight of nodules shoot and root dry weight in function of the form of Mo application, soil or leaves. The range of Mo concentration in the seeds was between 0,45 and 26,93 µg.Mo.semente⁻¹.

Key-words: *vigna unguiculata*, molibdenum, FBN, cowpea.

ÍNDICE DE TABELAS

- Tabela 01: Efeito da aplicação foliar de doses de molibdênio em três diferentes épocas (32 DAG, 54 DAG e 80 DAG) sobre a produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em plantas de caupi (*Vigna unguiculata*) em condições.....20
- Tabela 02: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio em dois níveis de pH sobre o número de nódulos por planta de caupi na coleta realizada com 62 DAG no início do florescimento.21
- Tabela 03: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH aos 56 DAG, sobre o número de nódulos por planta de caupi na coleta realizada com 62 DAG início do florescimento21
- Tabela 04: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio em dois níveis de pH sobre a massa de nódulos secos (mg), por planta de caupi na coleta realizada com (62 DAG) no início do florescimento.22
- Tabela 05: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH aos 56 DAG, sobre a massa de nódulos secos, em ($\text{mg}\cdot\text{planta}^{-1}$) de caupi na coleta realizada aos 62 DAG no início do florescimento23
- Tabela 06: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH sobre a massa de raiz seca, em gramas, por planta de caupi na coleta realizada com 62 DAG no início do florescimento.....24
- Tabela 07: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio em dois níveis de pH, sobre a massa da parte aérea seca em gramas, por planta de caupi na coleta realizada com (62 DAG) no início do florescimento25
- Tabela 08: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH, sobre a massa da parte aérea seca, em gramas, por planta de caupi na coleta realizada com (62 DAG) no início do florescimento25
- Tabela 09: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio em dois níveis de pH do solo, sobre o número de nódulos por planta de caupi na coleta realizada com 73 DAG no florescimento26
- Tabela 10: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio e de dois níveis de pH do solo, sobre o número de nódulos por planta de caupi na coleta realizada com (73 DAG) no florescimento pleno26
- Tabela 11: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio em dois níveis de pH do solo, sobre a massa de nódulos secos por planta (mg), na coleta realizada com 73 DAG no florescimento pleno.27

| | |
|---|----|
| Tabela 12: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio e de dois níveis de pH do solo, sobre a massa de nódulos secos por planta (mg), na coleta realizada com 73 DAG no florescimento pleno. | 28 |
| Tabela 13: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio em dois níveis de pH do solo, sobre a massa de raiz seca por planta (g), na coleta realizada com 73 DAG no florescimento pleno..... | 29 |
| Tabela 14: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH sobre a massa de raiz seca por planta (g), na coleta realizada com 73 DAG no florescimento pleno..... | 29 |
| Tabela 15: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio em dois níveis de pH, sobre a massa da parte aérea seca por planta (g), na coleta realizada com (73 DAG) no florescimento pleno..... | 30 |
| Tabela 16: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH sobre a massa da parte aérea seca por planta (g), na coleta realizada com (73 DAG) no florescimento pleno..... | 30 |
| Tabela 17: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio, em dois níveis de pH do solo, sobre a massa de nódulos secos por planta (mg), na terceira coleta realizada com 87 DAG - enchimento do grão..... | 33 |
| Tabela 18: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH, sobre a massa de nódulos secos por planta (mg), na terceira coleta realizada com 87 DAG - enchimento do grão..... | 33 |
| Tabela 19: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio, em dois níveis de pH, sobre a massa de raiz seca por planta (g), na terceira coleta realizada com 87 DAG - enchimento do grão..... | 34 |
| Tabela 20: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH, sobre a massa de raiz seca por planta (g), na terceira coleta realizada com (87 DAG) no enchimento do grão..... | 34 |
| Tabela 21: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio, em dois níveis de pH, sobre a massa da parte aérea seca por planta (g), na terceira coleta realizada com (87 DAG) no enchimento do grão..... | 35 |
| Tabela 22: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH do solo, sobre a massa da parte aérea seca por planta (g), na terceira coleta realizada com (87 DAG) no enchimento do grão..... | 36 |
| Tabela 23: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio, em dois níveis de pH do solo, sobre a produtividade (kg.ha ⁻¹) de plantas de caupi crescidas em condições de campo | 37 |

| | |
|--|----|
| Tabela 24: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH do solo, sobre a produtividade (kg.ha^{-1}) de plantas de caupi crescidas em condições de campo | 37 |
| Tabela 25: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio e via foliar, em pH 5,5, sobre a produtividade (kg.ha^{-1}) de plantas de caupi crescidas em condições de campo..... | 38 |
| Tabela 26: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio e via foliar, com o pH corrigido (6,5 calagem), sobre a produtividade (kg.ha^{-1}) | 38 |
| Tabela 27: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio (sulco de plantio e via foliar), em pH 5,5, sobre a concentração desse micronutriente na semente ($\mu\text{g.Mo.semente}^{-1}$)..... | 41 |
| Tabela 28: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio e via foliar, com o pH corrigido (6,5 calagem), sobre a concentração desse micronutriente na semente ($\mu\text{g.Mo.semente}^{-1}$)..... | 41 |

ÍNDICE DE FIGURAS

Experimento I:

- Figura 01: Efeito da aplicação foliar de molibdênio aos 32 (DAG) sobre o número de nódulos por planta de caupi da coleta realizada aos 48 (DAG), crescido em condições de campo. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).....12
- Figura 02: Efeito da aplicação foliar de molibdênio aos 32 (DAG) sobre a massa de nódulos secos por planta de caupi da coleta realizada aos 48 (DAG), crescido em condições de campo. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).....13
- Figura 03: Efeito da aplicação foliar de molibdênio aos 32 (DAG) sobre a massa de raiz seca por planta de caupi da coleta realizada aos 48 (DAG), crescido em condições de campo.....14
- Figura 04: Efeito da aplicação foliar de molibdênio aos 32 (DAG) sobre a massa da parte aérea seca por planta de caupi da coleta realizada aos 48 (DAG), crescido em condições de campo.....15
- Figura 05: Efeito da época de aplicação foliar e de doses de molibdênio sobre o número de nódulos de plantas de caupi cultivadas em condições de campo, coletadas aos (79 DAG).....16
- Figura 06: Efeito de época de aplicação foliar e de doses de molibdênio sobre a massa de nódulos de plantas de caupi cultivadas em condições de campo, coletadas aos (79 DAG).....17
- Figura 07: Efeito de época de aplicação foliar e de doses de molibdênio sobre a massa de raiz seca de plantas de caupi cultivadas em condições de campo, coletadas aos (79 DAG).....18
- Figura 08: Efeito de época de aplicação foliar e de doses de molibdênio sobre a massa da parte aérea seca de plantas de caupi cultivadas em condições de campo, coletadas aos (79 DAG).....19
- Figura 09: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio, sobre a massa de raiz seca, em gramas, por planta de caupi na coleta realizada com (62 DAG) no início do florescimento.....23
- Figura 10: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio em dois níveis de pH 5,5 e calagem 6,5, sobre o número de nódulos por planta, na terceira coleta realizada com 87 DAG no enchimento dos grãos.....31

- Figura 11: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH 5,5 e calagem 6,5, sobre o número de nódulos por planta, na terceira coleta realizada com 87 DAG no enchimento dos grãos.....32
- Figura 12: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio em dois níveis de pH (5,5 e 6,5), sobre a concentração de molibdênio na semente ($\mu\text{g.Mo.semente}^{-1}$).....39
- Figura 13: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH (5,5 e 6,5), sobre a concentração de molibdênio na semente ($\mu\text{g.Mo.semente}^{-1}$)40

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO GERAL..... | 01 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA | |
| 2.1) | Caupi (<i>Vigna unguiculata</i>)..... | 02 |
| 2.2) | Fixação Biológica de Nitrogênio Associada ao Caupi | 03 |
| 2.3) | O Molibdênio na cultura do Caupi | 04 |
| 2.4) | O Molibdênio..... | 05 |
| 2.5) | Aplicação de molibdênio..... | 07 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | |
| 3.1) | Experimento I..... | 10 |
| 3.2) | Experimento II..... | 10 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | |
| 4.1) | Experimento I | |
| 4.1.1) | Primeira coleta..... | 12 |
| 4.1.2) | Segunda coleta..... | 15 |
| 4.1.3) | Produtividade..... | 19 |
| 4.2) | Experimento II | |
| 4.2.1) | Primeira Coleta | |
| 4.2.1.1) | Número de nódulos por planta..... | 20 |
| 4.2.1.2) | Peso de nódulos por planta..... | 22 |
| 4.2.1.3) | Peso de raiz seca por planta..... | 23 |
| 4.2.1.4) | Peso da parte aérea seca..... | 24 |
| 4.2.2) | Segunda Coleta | |
| 4.2.2.1) | Número de nódulos por planta..... | 25 |
| 4.2.2.2) | Peso de nódulos secos por planta..... | 27 |
| 4.2.2.3) | Peso de raiz seca por planta..... | 28 |
| 4.2.2.4) | Peso da parte aérea seca por planta..... | 29 |
| 4.2.3) | Terceira Coleta | |
| 4.2.3.1) | Número de nódulos por planta..... | 31 |
| 4.2.3.2) | Peso de nódulos secos por planta..... | 32 |
| 4.2.3.3) | Peso de raiz seca por planta..... | 33 |
| 4.2.3.4) | Peso da parte aérea seca por planta..... | 35 |
| 4.2.4) | Produtividade..... | 36 |
| 4.2.5) | Concentração de molibdênio na semente..... | 38 |
| 4.3) | Discussão..... | 41 |
| 5 | CONCLUSÕES..... | 46 |
| 6 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 47 |

1 INTRODUÇÃO GERAL

O caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), também conhecido por feijão macassar ou feijão-de-corda é uma importante fonte de proteína para os povos de muitos países, principalmente na América do Sul, África, e Ásia, representando mais de 7 milhões de hectares plantados (Embrapa, 1983). Os estudos indicam que o caupi contém bons níveis de energia, proteínas, vitaminas e minerais. Seus grãos possuem um teor protéico da ordem de 20% a 30%. É rico em lisina e outros aminoácidos essenciais, porém, pobre nos aminoácidos sulfurados, metionina e cisteína. Constitui-se, ainda, numa excelente fonte de tiamina e niacina e, também, contém razoáveis quantidades de outras vitaminas hidrossolúveis, como riboflavina, piridoxina e folacina, e minerais, como ferro, zinco e fósforo (Silva et al., 2002). É consumido sob a forma de grãos maduros ou grãos verdes (feijão-verde com teor de umidade entre 60 e 70%). O caupi tem sido relatado na literatura como a cultura mais importante da região Semi-Árida brasileira para a produção de grãos (Santos et al., 2000). A produtividade desta cultura normalmente é muito baixa de 100 a 300 kg.ha⁻¹, devido ao cultivo ser realizado em lavouras de subsistência e intercalado a outras culturas (Rachie & Roberts, 1974). Porém seu potencial de produção é maior e em condições de manejo adequado pode atingir produtividades entre 500 e 1500 kg.ha⁻¹ (Sellschop, 1962) em condições de campo e de 1776 kg.ha⁻¹ (Santos et al., 2000) a 2450 kg.ha⁻¹ (Kato et al., 2000) em ambientes controlados. Diversos fatores interferem na produtividade do caupi, inclusive a deficiência de Mo, já relatada para o caupi por Bataglia et al., (1975), associado às condições de acidez e de baixa fertilidade dos solos onde é geralmente cultivado (Martinazzo, 1989). O molibdênio é um micronutriente essencial, requerido principalmente pelas plantas superiores fixadoras de N₂ atmosférico. As principais funções desse elemento estão relacionadas com o sistema de transferência de elétrons para a redução do nitrato (NO₃⁻) e na fixação biológica (N₂) que é feito pelas molibdoenzimas redutase do nitrato e nitrogenase respectivamente. Como o caupi é cultivado em regiões onde a disponibilidade de Mo é geralmente menor, a aplicação direta desse micronutriente pode resultar numa simbiose mais eficiente e maximizar o processo de fixação biológica de nitrogênio, elevando a produtividade, reduzindo a dependência dos adubos minerais, garantido uma agricultura racional e duradoura, sem comprometer o equilíbrio ecológico e a fertilidade do solo.

Este trabalho tem como objetivos: a) estudar o efeito da aplicação de molibdênio no solo de plantio e via foliar sobre o desenvolvimento das plantas, nodulação e a produtividade de plantas de caupi em dois níveis de pH do solo. B) Estudar o efeito dessas aplicações de molibdênio sobre a concentração do micronutriente na semente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caupi (*Vigna unguiculata*)

O caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), também conhecido como feijão de corda, feijão macassar, feijão fradinho é uma planta dicotiledônea, pertencente à ordem Rosales, família Leguminosae, subfamília Papilionoideae, tribo Phaseoleae e gênero *Vigna* (Steele & Mehra, 1980). Este gênero tem como centro de origem as regiões tropicais e subtropicais, e domesticado possui ampla distribuição mundial. É uma importante fonte de proteína para os povos de muitos países, principalmente na América do Sul, África, e Ásia representando mais de 7 milhões de hectares plantados (EMBRAPA, 1983). O gênero *Vigna* é composto por cerca de 160 espécies, das quais somente sete são cultivadas. As espécies *V. radiata* (feijão-mungo-verde), *V. angularis* (feijão-adzuki), *V. umbellata* (feijão-arroz) e *V. unguiculata* (caupi) estão entre as mais importantes, sendo as três primeiras cultivadas principalmente na Ásia (Steele & Mehra, 1980). Devido às importantes características agrônômicas como ampla variabilidade genética, ampla capacidade de adaptação, alto potencial produtivo e excelente valor nutritivo o caupi possui grande valor estratégico constituindo-se em uma das poucas espécies escolhidas pela National Aeronautical and Space Administration – NASA para ser cultivada e estudada nas estações espaciais (Ehlers & Hall, 1997).

O caupi tem sido relatado na literatura como a cultura mais importante da região Semi-Árida brasileira para a produção de grãos (Santos et al., 2000), sendo uma alternativa de renda e alimento para a população de baixa renda da região Nordeste do Brasil, que o consome sob a forma de grãos maduros ou grãos verdes (com teor de umidade entre 60 e 70%) (Oliveira et al., 2003). Considerando todas as espécies e gêneros cultivados no mundo, o Brasil é o segundo maior produtor de feijão, sendo superado apenas pela Índia (Santos & Araújo, 2000). O caupi ocupa 60% das áreas cultivadas com feijão e caupi no Nordeste brasileiro e representa 26,8% da área plantada com feijão no Brasil (Teixeira et al., 1988). Esta leguminosa representa de 95 a 100% do total das áreas plantadas com feijão nos estados do Amazonas, Pará, Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte (Santos & Araújo 2000). Nessas regiões o feijão caupi apresenta-se como grande opção como fonte de proteínas em face de sua rusticidade e adaptação às condições ecológicas locais (Nogueira, 1981). Os estudos indicam que o caupi contém bons níveis de energia, proteínas, vitaminas e minerais. Seus grãos possuem um teor protéico da ordem de 20% a 30%. É rico em lisina e outros aminoácidos essenciais, porém, pobre nos aminoácidos sulfurados, metionina e cisteína. Constitui-se, ainda, numa excelente fonte de tiamina e niacina e, também, contém razoáveis quantidades de outras vitaminas hidrossolúveis, como riboflavina, piridoxina e folacina, e minerais, como ferro, zinco e fósforo (Silva et al., 2002). A proporção relativa desses constituintes químicos, contudo, pode variar de acordo com a manipulação genética, práticas agrônômicas, manejo pós-colheita e de armazenamento, idade das sementes e tratamento no processo aplicado na preparação das sementes para o consumo humano (Silva et al., 2002).

A produtividade do caupi normalmente é muito baixa, cerca de 100-300 kg.ha⁻¹, em parte devido ao cultivo ser realizado em lavouras de subsistência, e intercalado a outras culturas (Rachie & Roberts, 1974), podendo ocorrer, inclusive, perdas totais de produção. Porém seu potencial de produção é muito maior, e em condições de manejo adequado pode-se obter produtividades bem superiores a essas, como comprovam os resultados experimentais, onde já foram encontradas produtividades de 1776 kg.ha⁻¹ (Santos et al., 2000), 2450 kg.ha⁻¹ (Kato et al., 2000), 3199 kg.ha⁻¹ (Bezerra, 1997). Freire Filho et al., (1998), estimam que o potencial de produção do caupi possa atingir patamares superiores a 5000 kg.ha⁻¹.

Entretanto, os estudos visando maximizar e homogeneizar a produção em caupi ainda são escassos e mais trabalhos nesta linha de pesquisa precisam ser desenvolvidos considerando a importância econômica e nutricional dessa cultura.

Diversos fatores interferem na produtividade do caupi, inclusive a deficiência de Mo, já relatada para o caupi (Bataglia et al., 1975). Além disso o caupi normalmente é cultivado sem correção do solo e sem adubação em solos onde normalmente predominam condições de acidez e de baixa fertilidade (Martinazzo, 1989). Nestas condições de cultivo a disponibilidade de molibdênio tende a ser menor, seja pela condição de acidez, que reduz a disponibilidade deste micronutriente, seja pela extração contínua sem reposição. Nestas condições a aplicação direta desse micronutriente ou a utilização de sementes “molibdenizadas”, (que contenha a quantidade suficiente para o desenvolvimento da futura planta), pode resultar numa simbiose mais eficiente e maximizar o processo de fixação biológica de N elevando a produtividade do caupi, reduzindo a dependência dos adubos minerais, garantido uma agricultura racional e duradoura, sem comprometer o equilíbrio ecológico e a fertilidade do solo.

2.2 Fixação Biológica de Nitrogênio associada ao Caupi

Os estudos de fixação biológica de nitrogênio remontam do século XIX, quando Beijerinck observou que algumas bactérias formavam nódulos nas raízes de ervilha, onde supostamente ocorria a redução do N₂ que era utilizado pela planta. Estas bactérias receberam, na época, o nome de *Bacillus radicícola*, sendo posteriormente agrupadas no gênero *Rhizobium* até o início da década de 80 do século XX. Atualmente, este grupo de bactérias, genericamente chamadas de rizóbios, distribui-se em 29 espécies, pertencentes a seis gêneros: *Allorhizobium*, *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Sinorhizobium* e *Rhizobium* (Zilli, 2001).

Devido à baixa disponibilidade de nitrogênio em solos de regiões tropicais e ao elevado custo dos fertilizantes nitrogenados, a simbiose entre leguminosas e rizóbios tem sido bastante explorada. No Brasil estes estudos ocorreram, principalmente em função da cultura da soja que hoje dispensa completamente a adubação mineral nitrogenada. Segundo Dobereiner (1997), a utilização de inoculantes para a cultura da soja proporcionou, nos últimos anos para o Brasil uma economia de US\$ 1,6 bilhões anuais em fertilizantes nitrogenados, que seriam necessários para manter a atual produtividade da cultura. Segundo esta autora, se fossem consideradas as perdas de nitrogênio quando aplicado na forma mineral, esta economia poderia chegar a US\$ 3,2 bilhões anuais. Hoje, provavelmente, estes valores seriam ainda mais elevados devido ao aumento da área plantada desta cultura do Brasil. Isso evidencia a importância desse estudo para o caupi e também para outras culturas que podem ser beneficiadas por esse processo de FBN.

Na cultura do caupi a simbiose com o rizóbio é relatada como sendo de baixa especificidade, pois, além de nodular efetivamente com espécies nativas (Martins, 1996; Zilli et al., 1999), o caupi é capaz de nodular com pelo menos cinco espécies de rizóbio: *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii*, *Sinorhizobium fredii*, *S. xinjiangensis* e *R. hinanense*, além de um grupo designado como *Bradyrhizobium tropical* ou miscelânea caupi, que é composto por diversas estirpes de bactéria de crescimento rápido e lento ainda não identificadas em nível de espécie (Martins, 1996; Mpeperekí et al., 1996). Apesar disso, o seu potencial de fixação biológica de nitrogênio é bastante elevado, podendo chegar de 35 a 70% do total de N necessário para a cultura (Boddey et al., 1990). Existem trabalhos que mostram que a simbiose caupi/rizóbio pode ser capaz de acumular de 50 a 120 kg.ha⁻¹ de N (Neves et al., 1987; Wani et al., 1995). Estimativas feitas por métodos isotópicos, realizados na cultivar

CNC X 284 – 4E, inoculada com a estirpe CM 1528, mostraram que o caupi pode obter até 95% do nitrogênio total por intermédio da fixação biológica de nitrogênio (Brito, 1992). Lacerda et al., (2004), mostraram que a inoculação das sementes de caupi no campo com quatro estirpes diferentes resultaram em rendimentos de grão equivalente ao da testemunha que recebeu nitrogênio mineral. Porém, nem sempre são verificadas diferenças na acumulação de N entre plantas inoculadas com estirpes selecionadas ou nativas. Esse fato tem freqüentemente sido atribuído à baixa tecnificação das lavouras e principalmente à promiscuidade da simbiose caupi/rizóbio. Embora esse fato seja verdade, outros fatores podem estar influenciando nos resultados negativos obtidos com a inoculação em caupi. Outro fator que pode estar ocorrendo é a deficiência de molibdênio, já relatada para o caupi (Bataglia et al., 1975).

A seleção de estirpes que combinem eficiência na fixação biológica de nitrogênio, adaptação a diferentes condições edafoclimáticas e alta competição por sítios de infecção nodulantes é importante para a produção de inoculantes (Lacerda et al., 2004). Este fato associado a disponibilização de molibdênio na formas, épocas e em quantidades corretas durante o ciclo da cultura poderão maximizar a fixação biológica de nitrogênio contribuindo para elevação da produtividade na cultura do caupi.

2.3 O Molibdênio na cultura do Caupi

Existem poucos trabalhos relatados na literatura mostrando o efeito da suplementação de molibdênio em caupi. Para outras culturas como a soja e o feijão esses estudos já se encontram bastante avançados, resultando numa simbiose mais eficiente, maximizando o processo de fixação biológica de nitrogênio elevando a produção dessas culturas (Jacob Neto & Franco 1984; Jacob Neto & Franco, 1995; Jacob Neto et al., 1997; Jacob Neto & Rossetto, 1998), no entanto, para o caupi, esses estudos ainda são preliminares. Apesar de serem poucos os estudos de aplicação de molibdênio em caupi, já é possível verificar alguns trabalhos mostrando que, como ocorre para a soja e feijão, esse micronutriente pode ser um dos fatores limitantes para a FBN. Chowdhury et al., (1996) citam efeito significativo da aplicação de molibdênio associado ao enxofre no número de vagens por planta, no número de sementes por vagem e na massa de 1000 grãos. O Mo associado a inoculação com *Rhizobium* incrementou significativamente a produção (Sing et al., 1992) e o conteúdo de proteína nos grãos de caupi (Kaptan et al., 1999). Vijaya & Ponnuswamy (1996), mostram efeito positivo da associação de aplicação de molibdênio a zinco e manganês na germinação das sementes. Chowdhury et al., (1996) também mostram que foi detectado efeito significativo da combinação de adição de molibdênio e enxofre na produção de grãos, biomassa da planta, número de vagens e ramos por planta, no número de sementes por vagem e na massa de 1000 grãos. Em experimentos desenvolvidos em casa de vegetação (Vinay & Sing, 1996) observaram aumento de massa da matéria seca com aplicação de 0,5 mg de molibdênio por kg de solo, e que dosagens superiores a essa teve efeito negativo sobre esta característica. O Mn e o Mo utilizados de forma isolada ou em associação tiveram efeito significativo na produção e no conteúdo de proteína do grão, sendo que o melhor tratamento utilizou 1 kg de molibdênio por hectare (Baldeo et al., 1992).

Na revisão de literatura é possível observar também ausência de efeito da aplicação desse micronutriente em trabalhos desenvolvidos, tanto em condições de campo como em casa de vegetação. Lima (1997), não encontrou respostas da aplicação de molibdênio em casa de vegetação para nenhum dos parâmetros que ele estudou (massa de matéria seca da parte aérea (folhas e ramos), produção de grãos e concentração dos elementos P, Mg, Cu nos tecidos da parte aérea das plantas. Vinay & Sing, (1996) observaram em experimento em

vasos que a produção de matéria seca decresceu com aplicações de molibdênio maiores que 0,5 mg por kg de solo.

2.4 O molibdênio

O molibdênio é um elemento de transição ocorrendo em soluções aquosas principalmente como oxyanion molibdato MoO_4^{2-} , e em suas formas oxidadas {Mo (VI)} e {Mo (V)}. Este micronutriente, à exceção de outros, é prontamente translocado e apresenta sintomas de deficiência, geralmente na planta inteira (Gupta & Lipsett, 1981). A importância biológica desse micronutriente foi primeiro descrita por Bortels (1930), quando demonstrou seu efeito altamente benéfico na fixação biológica de nitrogênio (FBN) por *Azotobacter chroococcum*. O reconhecimento da essencialidade desse micronutriente para as plantas foi realizado por Arnon & Stout (1939), em tomates (*Lycopersicon esculentum* MILL). Também foi demonstrado sua participação na utilização do nitrogênio mineral (NO_3^-) por fungos do gênero *Aspergillus niger* (Steinberg, 1936, 1937), e em algas verdes (Arnon et al., 1955).

A presença de grandes quantidades de Mo nas plantas, na ordem de 100 a 200 mg.kg^{-1} pode não produzir efeitos sobre a produção ou provocar qualquer sintoma nocivo anormal nas folhas (Gupta, 1997). Contudo, já foi relatado que alimentos contendo molibdênio em excesso, cerca de 10 mg.kg^{-1} , fornecidos a ruminantes, podem produzir toxicidade severa (Gupta & Lipsett 1981; Gupta, 1997).

O molibdênio é absorvido pelas raízes das plantas como ânion MoO_4^{2-} . Essa forma aniônica é móvel na planta, assim quando é aplicado nas folhas primárias ele pode ser translocado para outras partes da planta como caule e raízes (Gupta & Lipsett, 1981; Gupta, 1997).

O molibdênio é um constituinte essencial de várias enzimas nas plantas e participa de processos metabólicos primários no ciclo de vida. Entre as principais enzimas onde o molibdênio entra como um importante constituinte pode-se destacar a redutase do nitrato que atua tanto em plantas como em microorganismos e a nitrogenase que atua em bactérias diazotróficas (Gupta & Lipset, 1981). Esse micronutriente atua na transferência de elétrons para a redução do nitrato (NO_3^-) e na fixação biológica de N_2 (FBN), exercendo função tanto estrutural como catalítica, (Nicholas, 1975; Marschner, 1995). Ele participa também na constituição de outras enzimas como: xantina oxidase, xantina desidrogenase, aldeído desidrogenase e sulfito oxidase (Marschner, 1995). Nestas condições, as plantas cultivadas que têm como fonte principal nitrogênio na forma de nitrato (NO_3^-) ou que apresenta o processo de fixação biológica de N_2 (FBN) apresentam dependência do fornecimento adequado deste micronutriente para atingir plenamente o seu potencial de produção.

Desta forma, a importância da adubação com esse micronutriente para a planta será maior dependendo da forma de fornecimento de nitrogênio. Esta importância será menor se a forma de nitrogênio mineral fornecida for o amônio (NH_4^+), e elevada se houver o fornecimento de nitrogênio mineral na forma de nitrato (NO_3^-) e ainda houver associado o processo de FBN.

Há que se considerar que a maioria das plantas cultivadas tem suas variedades comerciais desenvolvidas em programas de melhoramento executados em solos que têm a acidez e pH corrigidos. Nestas condições a forma de nitrogênio mineral predominante no solo é o NO_3^- resultante das condições adequadas para a nitrificação do NH_4^+ , principalmente por bactérias (Polidoro, 2001). Agarwalla & Hewitt, (1955), mostraram que a síntese da enzima redutase do nitrato é estimulada pela elevação da concentração do NO_3^- nos sítios de atividade desta enzima (folhas e raízes), e que isso eleva a necessidade de molibdênio para a planta.

Existe, também, uma estreita correlação positiva entre a atividade da enzima redutase do nitrato e a concentração de molibdênio na planta (Hew & Chai, 1984).

As plantas que dependem do processo de FBN para a sua nutrição apresentam uma exigência de Mo mais elevada do que as que dependem exclusivamente de nitrato do solo (Shah et al., 1984). A concentração de Mo na enzima nitrogenase é de 0,07 a 0,08%, enquanto que na redutase no nitrato é de 0,04 a 0,06%, mostrando a maior necessidade deste micronutriente para as plantas dependentes do processo de FBN do que para as plantas que dependem exclusivamente da redução do nitrato (Shah et al., 1984). Além disso, esses mesmos autores mostram que a atividade específica e eficiência de catálise da nitrogenase são extremamente menores que a da redutase do nitrato, fazendo com que além da nitrogenase apresentar maior concentração de Mo, seria necessária síntese de maior quantidade de enzima nitrogenase para o fornecimento da mesma quantidade de nitrogênio assimilável ($N-NH_4^+$) para as plantas. Esta deve ser uma das explicações para o fato de observarmos um maior nível crítico foliar de molibdênio nas plantas de leguminosas em geral do que em outras culturas como pode ser visto a seguir: cana-de-açúcar, 0,15 – 0,30 $mg.kg^{-1}$, (Malavolta et al., 1997); alface, 0,08 - 0,14 $mg.kg^{-1}$ (Plant, 1951 citado por Gupta, 1978); batata, 0,2 - 0,5 $mg.kg^{-1}$, (Bergman, 1992); trigo, 0,09 – 0,18 $mg.kg^{-1}$ (Gupta, 1971); milho, 0,2 – 0,5 $mg.kg^{-1}$, (Vos, 1993); soja, 0,5 – 1,0 $mg.kg^{-1}$, (Bergman, 1992, Jacob et al., 1997) e feijão, 0,5 – 1,0 $mg.kg^{-1}$, (Jacob-Neto, 1985).

O molibdênio ocorre, ao todo, em mais de 40 enzimas catalisando reações de redução (Mendel & Hansch, 2002). Este fato evidencia a importância da correta nutrição mólílica para as plantas, principalmente das que dependem da FBN, e com isso o estudo para a adoção de técnicas de fornecimento das doses adequadas, bem como, das melhores formas de aplicação.

O estágio de desenvolvimento das plantas é outro fator que influencia no nível crítico de molibdênio para a planta, coincidindo a época de máxima absorção de nitrogênio com a maior necessidade de molibdênio (Jacob Neto, 1985). De posse dessa informação podemos planejar melhor a época de aplicação de molibdênio, com o objetivo de maximizar o aproveitamento desse micronutriente, reduzindo mão de obra e minimizando os custos de aplicação.

Apesar de estar fortemente relacionado com o metabolismo do nitrogênio, o molibdênio tem influência na nutrição de outros elementos na planta. Bashad (1951), observou que existe uma interação positiva entre o molibdênio e o fósforo, e inferiu que poderia haver um efeito sinérgico entre estes nutrientes no processo de absorção dos mesmos, pela formação de complexos fosfo-molibdatos, mais facilmente absorvidos pela planta. Plantas de tomateiro também apresentaram aumento da concentração de molibdênio em condições de baixa disponibilidade de P e de S, possivelmente concorrendo com sítios de absorção específicos na membrana das células (Barbes, 1984; Hewinkel et al., 1992). O Mo também participa do metabolismo do enxofre (S) em plantas na oxidação do sulfito em sulfato, através da ação da enzima sulfito oxidase, que será utilizado na biossíntese do aminoácido cisteína, essencial para as plantas que produzem grãos ricos em óleo, como soja e girassol (Ochiai, 1987).

No Brasil, é relatada a deficiência de molibdênio de forma ampla nos solos (Bataglia et al., 1975; Peres et al., 1975; Franco & Day 1980). Esse fato é explicado devido às propriedades desses solos que normalmente são ácidos e com isso o molibdênio pode ficar adsorvido à matéria orgânica e aos óxidos de ferro e alumínio, tornando-se assim pouco disponível às plantas (Franco & Day 1980; Franco & Muns, 1981; Jacob Neto, 1985; Jacob Neto & Franco, 1989). O íon molibdato adsorvido nas moléculas recentemente precipitadas de $Fe(OH)_3$ e Fe_2O_3 (Karimian & Cox, 1978) ainda permaneceria trocável, mas com a ação do tempo, o molibdênio estaria na forma de ferromolibdenita ($Fe_2(MoO_4)_3.8H_2O$), insolúvel no solo a pH acima de 4,0 (Lindsay, 1979). Os teores de compostos amorfos de alumínio também

apresentam alta afinidade pelo Mo na solução do solo, podendo precipitar no meio, retirando o Mo da solução. Os precipitados de Ferro-Molibdatos e Alumínio-Molibdatos apresentariam solubilidade mínima a pH 2,7 e 4,8, respectivamente (Davies, 1956).

Na fase inorgânica, o molibdênio está associado principalmente a óxidos de Fe, na superfície de adsorção (Lindsay, 1979). As reações de adsorção não específica e específica do molibdênio ocorrem efetivamente na fração argila, nas arestas quebradas dos óxidos e hidróxidos cristalinos onde grupos Al-OH e FeOH se encontram expostos nos minerais Hematita (Óxido de Ferro), Goetita (Hidróxido de Ferro) e Gibsita (Hidróxido de Alumínio). Quanto menor for o pH do solo, maior será a adsorção de Mo, já que o tipo de carga que estes minerais apresentam (+ ou -) depende diretamente do pH onde se encontram.

Dependendo do teor de minerais de argila do solo e da fração destes minerais que apresentam cargas dependentes de pH, a diminuição do valor de pH em uma unidade pode reduzir a disponibilidade de molibdênio em até 100 vezes (Kabata-Pendias & Kabata, 1984). Possivelmente, devido a esse motivo, em alguns casos, apenas a correção da acidez do solo já é suficiente para disponibilizar este micronutriente em quantidades satisfatórias para o bom desenvolvimento das plantas.

2.5 Aplicação de Molibdênio

A quantidade de molibdênio requerida para um bom desenvolvimento das plantas cultivadas em sistemas agrícolas normalmente é muito pequena, da ordem de gramas por hectare (Parker & Harris, 1977; Franco & Day, 1980; Jacob Neto & Franco, 1989; Brodrick & Giller, 1991; Jacob Neto & Franco, 1995). Esse fato associado ao problema de adsorção desse elemento à matéria orgânica e a óxidos de ferro e alumínio, são fatores que dificultam e até inviabilizam a aplicação direta deste micronutriente no solo. A aplicação junto com herbicidas na pré-semeadura de soja, não apresentou efeito estatisticamente significativo na produção quando comparado com a testemunha (Campo et al., 2000).

Outra forma de suplementação de molibdênio é a peletização das sementes com produtos contendo molibdênio tais como FTE (Fritted Trace Element), molibdato de sódio, molibdato de amônio e ácido molíbdico. Esta forma é mais eficiente do que a aplicação direta ao solo por permitir que o molibdênio permaneça próximo das raízes reduzindo com isso as perdas por adsorção (Jacob Neto & Franco, 1984; Jacob Neto, 1985; Faria et al., 1985; Jacob Neto & Rossetto, 1998). Nesta forma de suplementação já foi relatada a possibilidade de toxidez (Mortvedt, 1997).

A imersão das sementes em soluções contendo molibdênio também é uma das alternativas que podem ser utilizadas (Reisenauer, 1963; Gurley & Giddens, 1969; Gupta, 1979; Sherrell, 1984), porém têm apresentado efeitos negativos para algumas espécies (Reisenauer, 1963; Gault & Brockwell, 1980) e positivos para outras (Fernandes, 1996). Na cultura da soja, já foi relatado que a aplicação de Molibdênio e cobalto nas sementes associado ao inoculante interferiu negativamente na sobrevivência da bactéria, e conseqüentemente na nodulação e fixação biológica de nitrogênio (Tong & Sadowski, 1994). Resultados semelhantes foram obtidos com aplicação de molibdênio e cobalto nas sementes de soja antes da inoculação (Campo et al., 2000). Esta alternativa de aplicação de molibdênio é viável desde que se utilize a dose adequada (Polidoro, 2001).

A suplementação de molibdênio utilizando a técnica de aplicação foliar é uma das mais estudadas e tem sido relatada como mais eficiente do que as descritas anteriormente, solucionando o problema de deficiência e até elevando a concentração desse elemento nas sementes (Robitaille, 1975; Weir et al., 1976; Gupta & Macleod, 1978; Gupta, 1979; Gupta &

Lipsett, 1981; Jacob Neto, 1985; Jacob Neto & Franco, 1989; Jacob Neto et al., 1997; Jacob Neto & Rossetto, 1998).

O conteúdo desse micronutriente na semente é importante, principalmente no início do crescimento da planta e provavelmente atua de forma decisiva na fixação de N₂ pelas bactérias diazotróficas nos nódulos radiculares, uma vez que, até o início do aparecimento do botão floral, pouca ou nenhuma absorção de molibdênio foi detectada em plantas de soja (Ishizuka, 1982). Em trabalhos mais recentes, foi demonstrado que o conteúdo de Mo em sementes pode ser suficiente para a planta completar seu ciclo (Jacob Neto & Franco, 1986; Jacob Neto et al., 1997).

Na cultura do feijão comum, *Phaseolus vulgaris*, os estudos têm demonstrado que a adubação molíbdica via foliar em determinadas cultivares pode substituir, pelo menos parcialmente, a adubação nitrogenada (Junqueira Neto et al., 1977; Santos et al., 1979; Vieira et al., 1992; Vieira et al., 1998a). No feijão comum a aplicação de 20 g.ha⁻¹ de sulfato de amônio foi relatada como mais simples e mais rápida, podendo inclusive substituir ou complementar a adubação nitrogenada que é mais cara e mais trabalhosa (Vieira et al., 1992). De acordo com esse autor, o molibdênio, nessa cultura, proporcionou aumento no rendimento em torno de 200%. Amane et al., (1999), também cita que na cultura do feijoeiro comum as maiores produções foram obtidas utilizando doses menores de nitrogênio associado à doses elevadas de molibdênio. Foi observado neste mesmo trabalho, que na presença de adubação fosfatada e potássica, a combinação de molibdênio mais nitrogênio forneceu aumentos significativos de produção da ordem de 90 a mais de 200%.

Quanto à época de aplicação, Jacob Neto & Rossetto (1998), já ressaltaram a importância do estabelecimento da época mais indicada para a aplicação via foliar de Mo e do nível crítico para as diferentes culturas, sendo que o período compreendido entre a florescência e o enchimento dos grãos foi considerado como o mais adequado para aplicação via foliar em feijão (Jacob Neto & Franco, 1988) e para a soja (Jacob Neto & Franco, 1995).

O nível crítico de molibdênio na semente do feijoeiro comum já foi determinado como sendo igual a 3,51 µg.Mo.semente⁻¹ (Jacob Neto & Franco, 1986), ou seja, esta é a concentração suficiente para que haja o desenvolvimento de todo o ciclo das plantas sem que seja necessária a adubação suplementar de molibdênio. Nos nódulos o nível crítico também foi estabelecido como sendo igual a 3,66 µg.Mo.nódulo⁻¹ seco (Jacob Neto, 1985; Jacob Neto & Franco, 1989). Já para a soja (*Glycine max* (L.) Merrill), essa concentração foi estabelecida em torno de 3,5 µg.Mo.semente⁻¹ (Jacob Neto et al., 1997). Jacob Neto & Rossetto (1998), relatam que sementes que tenham concentrações iguais a essas, ou mais elevadas, de molibdênio podem apresentar aumento do número de grãos por vagens, do número de vagens por planta e da massa das plantas secas. Além disso, aumentos das doses de Mo em feijão mostraram tendência em aumentar a concentração de nitrogênio na parte aérea e na atividade da nitrogenase tendo também aumentado a massa da parte aérea (Jacob Neto & Franco, 1989). Brodrick et al., (1992) também mostraram que plantas de feijoeiro originadas de sementes com maior conteúdo de molibdênio acumularam mais nitrogênio. Já Ferreira et al., (2002) conduzindo dois experimentos em condições de campo e utilizando sementes com diferentes teores de molibdênio não encontrou efeito significativo da concentração inicial de molibdênio na semente no teor de nitrogênio da matéria seca das folhas de feijoeiro. Neste mesmo trabalho o teor de nitrogênio na matéria seca das sementes foi afetado pelo conteúdo de molibdênio das sementes utilizadas no plantio e também pela adubação foliar.

O acúmulo de nitrogênio nas sementes do feijoeiro está associado com a maior atividade da nitrogenase, no período de floração e desenvolvimento inicial das vagens, e a maior translocação de nitrogênio das folhas para as sementes. Com o desenvolvimento das vagens, o teor de nitrogênio da folha cai, devido ao intenso crescimento das sementes e a translocação de nitrogênio para as vagens, associado à redução da absorção de nitrogênio do

so e a redução da fixação biológica de nitrogênio (Hungria & Neves, 1986). Esses efeitos são mais acentuados nas plantas deficientes de molibdênio e, conseqüentemente, apresentam menor concentração de nitrogênio nas folhas e nos grãos, em comparação com as plantas bem nutridas com molibdênio (Pessoa, 1998).

Plantas não adubadas com molibdênio tendem a apresentar menor atividade da enzima redutase do nitrato podendo, dessa forma, levar à redução da concentração de proteínas (Ferreira et al., 2002). Essa redução no teor de proteína pode ser explicada pela menor produção de metabólitos nitrogenados, levando a diminuição da síntese de aminoácidos e conseqüentemente de proteínas (Saco et al., 1995). Trabalhos com as culturas de trigo (Cairns & Kritzing, 1992) e do milho (Ferreira et al., 2001) também evidenciaram que a aplicação de molibdênio elevou os teores de proteína nos grãos.

Meireles et al., (2003) estudando o efeito da época e do parcelamento de aplicação de molibdênio, via foliar, na qualidade fisiológica das sementes de feijão não encontrou efeito significativo na percentagem de germinação, mas foi observado que nas sementes utilizadas como testemunhas ocorreu maior perda de lixiviados na água de embebição, evidenciando maior desorganização das membranas celulares quando comparadas com as sementes onde houve aplicação de molibdênio, logo, estes autores concluíram que a aplicação de molibdênio via foliar, na dose de 80 g.ha⁻¹, melhora a qualidade fisiológica das sementes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimento I

O experimento I foi conduzido na área do campo experimental do Departamento de Fitotecnia da UFRRJ, em um planossolo (Ramos et al., 1973). A análise química do solo foi realizada no laboratório da EMBRAPA-CNPAB com o seguinte resultado para a profundidade de 0 a 20 cm: pH em água 4,2, Al, Ca e Mg com 0,4, 1,2 e 0,8 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, respectivamente, 6 mg/dm^3 de P e 42 mg/dm^3 de K. Para a profundidade de 20 a 40 cm: pH em água 3,8, Al, Ca e Mg com 0,5, 1,0 e 0,5 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, respectivamente, 4 mg/dm^3 de P e 57 mg/dm^3 de K.

Neste experimento não foi realizada calagem e a adubação básica utilizada foi de 100 kg de P_2O_5 por hectare, utilizando como fonte o superfosfato simples e 60 kg de K_2O por hectare utilizando como fonte o cloreto de potássio.

As sementes de caupi da linhagem CNCx 409-11F-P2, obtidas através da EMBRAPA-CPAMN. Antes do plantio foi determinada a concentração inicial de molibdênio nestas sementes através do pelo método colorimétrico de Johnson & Ulrich (1959). A semeadura foi realizada para obtenção de uma população equivalente de 200 mil plantas por hectare, em parcelas de 4 m^2 , com 0,50 metros entre linhas e 0,5 metro entre parcelas. O experimento foi conduzido em um esquema fatorial (3 X 5) em delineamento em blocos ao acaso com 4 repetições. Os tratamentos foram resultantes da combinação entre 5 níveis de Mo aplicados (100, 200, 400, 800 $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$) mais a testemunha e 3 épocas de aplicação foliar 32 DAG (Dias Após a Germinação), 54 DAG e 80 DAG, num total de 60 parcelas.

A aplicação foliar do molibdênio foi realizada com auxílio de um pulverizador costal com capacidade para 12 litros. Determinou-se a vazão do pulverizador e um tempo de aplicação constante para todos os tratamentos, de forma a aplicar o produto na dosagem recomendada para cada tratamento.

Durante o período de desenvolvimento da cultura foram realizadas duas coletas das plantas com 48 e 79 DAG, para determinação do número e massa de nódulos secos, da massa da parte aérea e raízes secas. Para isso as raízes foram lavadas sobre tela fina, os nódulos destacados das raízes para determinação do seu número, sendo posteriormente levados em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, por 72 horas e em seguida foi determinado massa do material seco. Para a determinação da produtividade foi realizada a coleta dos grãos no centro de cada parcela desprezando-se 25 cm de cada lado, (uma linha), e 30 cm de cada lado do comprimento, permanecendo uma área útil de 2,1 m^2 , onde os grãos foram retirados da parcela com as vagens que depois foram descascados no laboratório e então medida a massa de grãos de cada parcela.

3.2 Experimento II

O segundo experimento foi conduzido na área do campo experimental do Departamento de Fitotecnia da UFRRJ, em um planossolo, próximo da área utilizada para o primeiro experimento. A análise química do solo foi realizada no laboratório da EMBRAPA-CNPAB (EMBRAPA, 1997), com o seguinte resultado para a profundidade de 0 a 20 cm: pH em água 5,5; Al, Ca e Mg com 0,0, 2,1 e 1,2 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, respectivamente, 7 mg/dm^3 de P e 75 mg/dm^3 de K. Neste experimento não foi aplicada a adubação básica.

As sementes de caupi da linhagem CNCx 409-11F-P2, obtidas através da EMBRAPA-CPAMN. Antes do plantio foi determinada a concentração inicial de molibdênio nestas

sementes através do pelo método colorimétrico de Johnson & Ulrich (1959). A semeadura foi realizada para obtenção de uma população equivalente de 200 mil plantas por hectare, em parcelas de 4 m², com 0,50 metros entre linhas e 0,5 metro entre parcelas.

O experimento foi conduzido em um esquema fatorial (2 X 6 x 2) em delineamento em blocos ao acaso com 4 repetições, 2 níveis de pH 5,5 e 6,5 (calagem). Foram aplicados 6 níveis de Mo via foliar (20, 40, 80, 160, 1280 g.ha⁻¹) mais a testemunha, duas formas de aplicação do molibdênio (No sulco de plantio e aplicação foliar aos 56 DAG (início da floração) num total de 96 parcelas. A aplicação foliar foi realizada com auxílio de um pulverizador costal com capacidade para 12 litros. Determinou-se a vazão do pulverizador e um tempo de aplicação constante para todos os tratamentos, de forma a aplicar o produto na dosagem recomendada para cada tratamento.

Durante o período de desenvolvimento da cultura foram realizadas 3 coletas das plantas nos seguintes períodos de desenvolvimento: 62, 73 e 87 DAG, onde foram determinados o número de nódulos, a massa de nódulos secos, a massa da parte aérea e da raiz secas, para isso as raízes foram lavadas sobre tela fina, os nódulos destacados das raízes para determinação do seu número, sendo posteriormente levados em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, por 72 horas e em seguida foi determinado a massa do material seco.

Para a determinação da produtividade foi realizada a coleta dos grãos no centro de cada parcela desprezando-se 25 cm de cada lado, (uma linha), e 30 cm de cada lado do comprimento, permanecendo uma área útil de 2,1 m², onde os grãos foram retirados da parcela com as vagens, depois descascados no laboratório e então medida a massa de grãos de cada parcela após uniformização da umidade por secagem à sombra.

Neste experimento também foi determinada a concentração de molibdênio nos grãos utilizados para determinação da produtividade, utilizando o método colorimétrico de Johnson & Ulrich (1959).

Na realização da análise estatística dos dois experimentos, foi utilizado o programa SAEG para a análise de variância. Quando a análise mostrou-se significativa, foram feitos os testes de comparação de médias no nível de significância (p<0,05) para determinar onde havia diferença entre as dosagens utilizadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento I – Níveis de Mo x Épocas de Aplicação

4.1.1 Primeira coleta de dados realizada aos 48 dias após a germinação, 16 dias após a primeira aplicação foliar de molibdênio (32 DAG).

4.1.1.1 Número de nódulos por planta

Na primeira época de coleta dos dados, foram detectadas diferenças estatisticamente significativas ($P \leq 0,05$) para o número de nódulos apenas na dosagem de $400 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, que se diferenciou da testemunha como pode ser visualizado na (Figura 1).

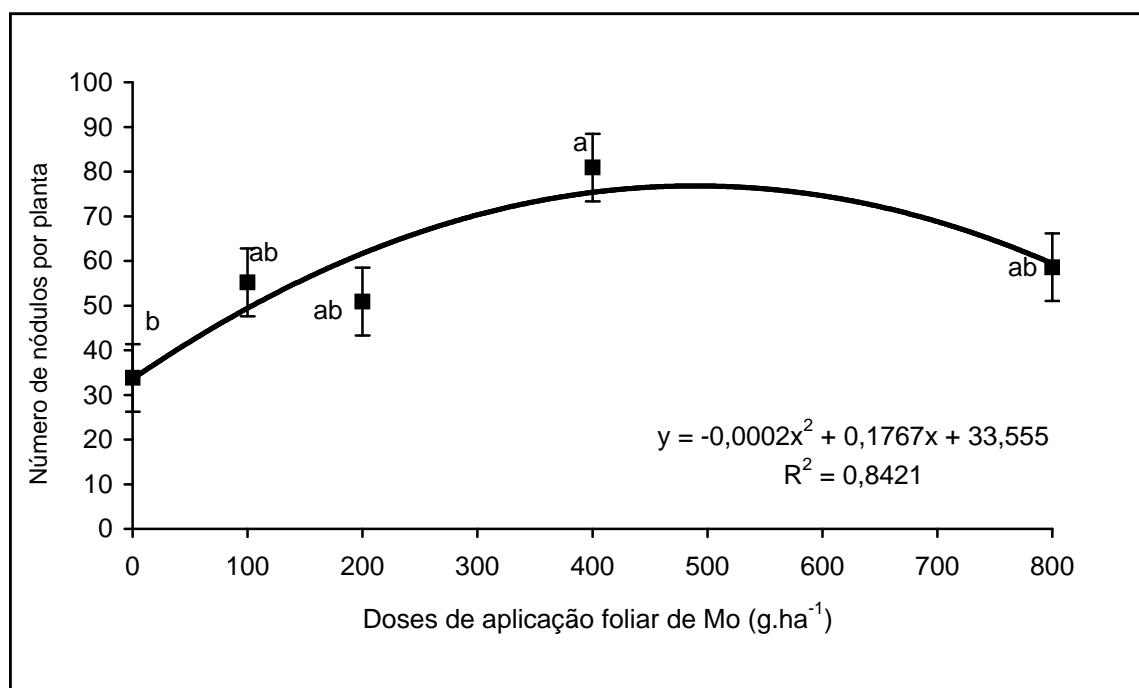


Figura 1: Efeito da aplicação foliar de molibdênio aos 32 (DAG) sobre o número de nódulos por planta de caupi da coleta realizada aos 48 (DAG), crescido em condições de campo. Médias seguídas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Médias de quatro repetições. ($\text{CV}\% = 37,36$)

4.1.1.2 Massa de nódulos secos por planta

Nesta mesma época também foi observado um aumento significativo da massa de nódulos secos por planta, sendo que a aplicação foliar de 200 g.ha⁻¹ diferiu da testemunha e da aplicação de 100 g.ha⁻¹ (Figura 2).

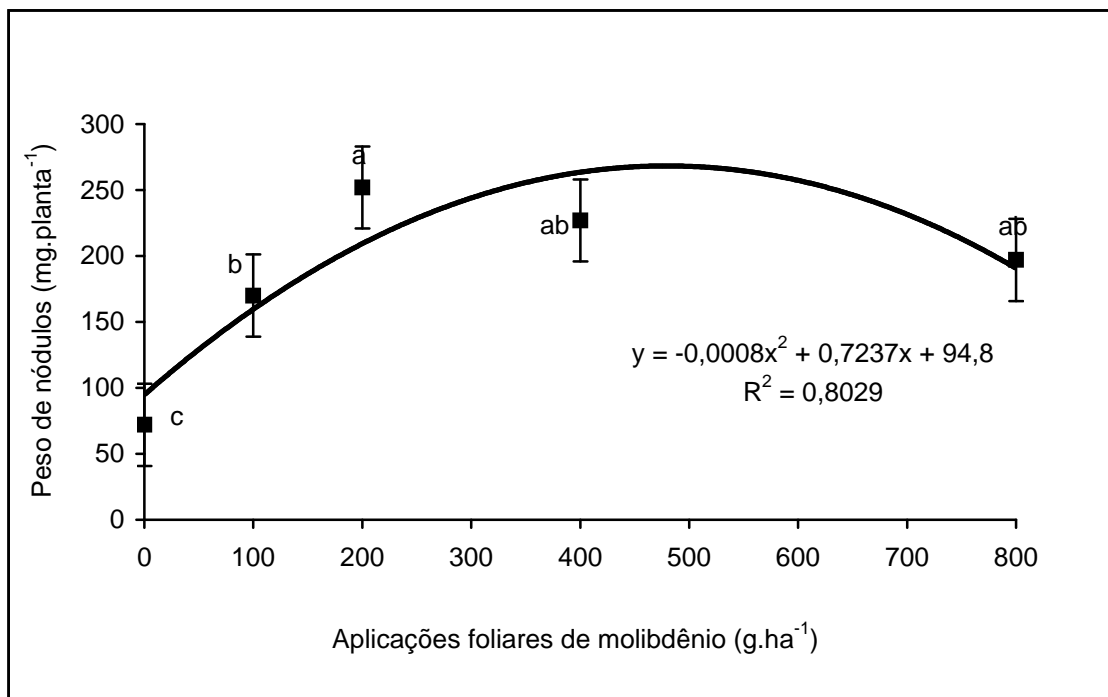


Figura 2: Efeito da aplicação foliar de molibdênio aos 32 (DAG) sobre a massa de nódulos secos por planta de caupi da coleta realizada aos 48 (DAG), crescido em condições de campo. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Médias de quatro repetições. (CV%=36,31)

4.1.1.3 Massa de raiz seca por planta

Nesta primeira coleta não foi observado efeito significativo ($p < 0,05$), da aplicação foliar de molibdênio sobre a massa de raiz seca por planta como pode ser constatado na Figuras 3).

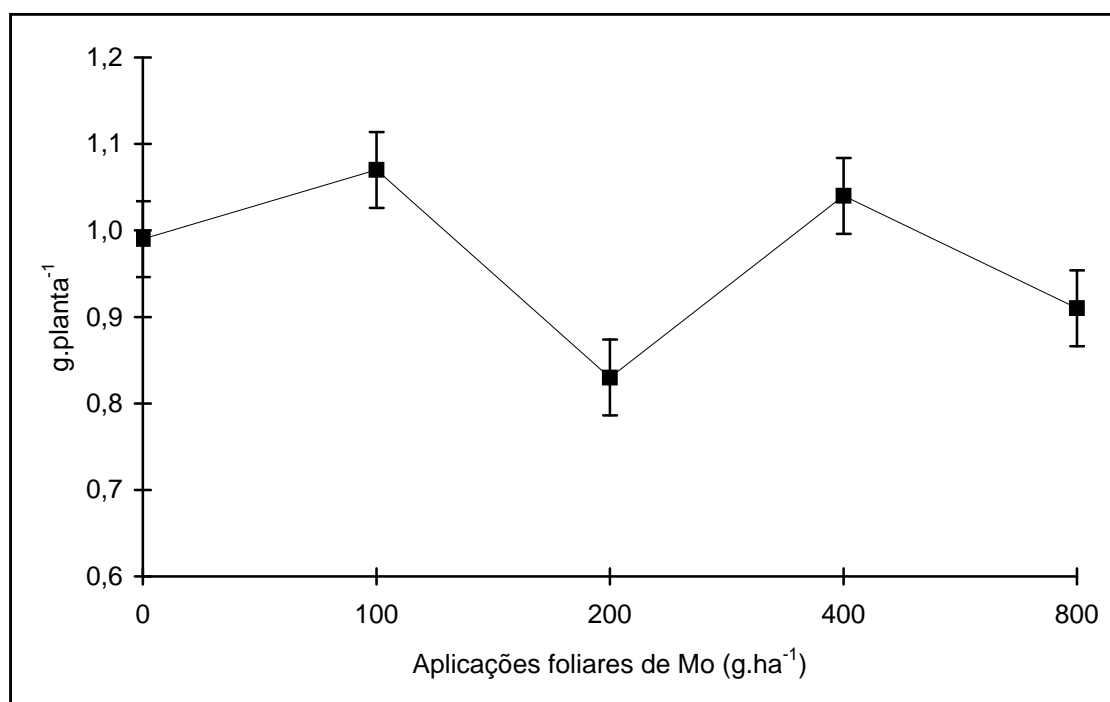


Figura 3: Efeito da aplicação foliar de molibdênio aos 32 (DAG) sobre a massa de raiz seca por planta de caupi da coleta realizada aos 48 (DAG), crescido em condições de campo. Médias de quatro repetições. (CV%=28,21)

4.1.1.4 Massa da parte aérea seca por planta

Também não foi observado efeito significativo da aplicação foliar de molibdênio sobre a massa da parte aérea seca por planta como pode ser constatado na Figuras 4).

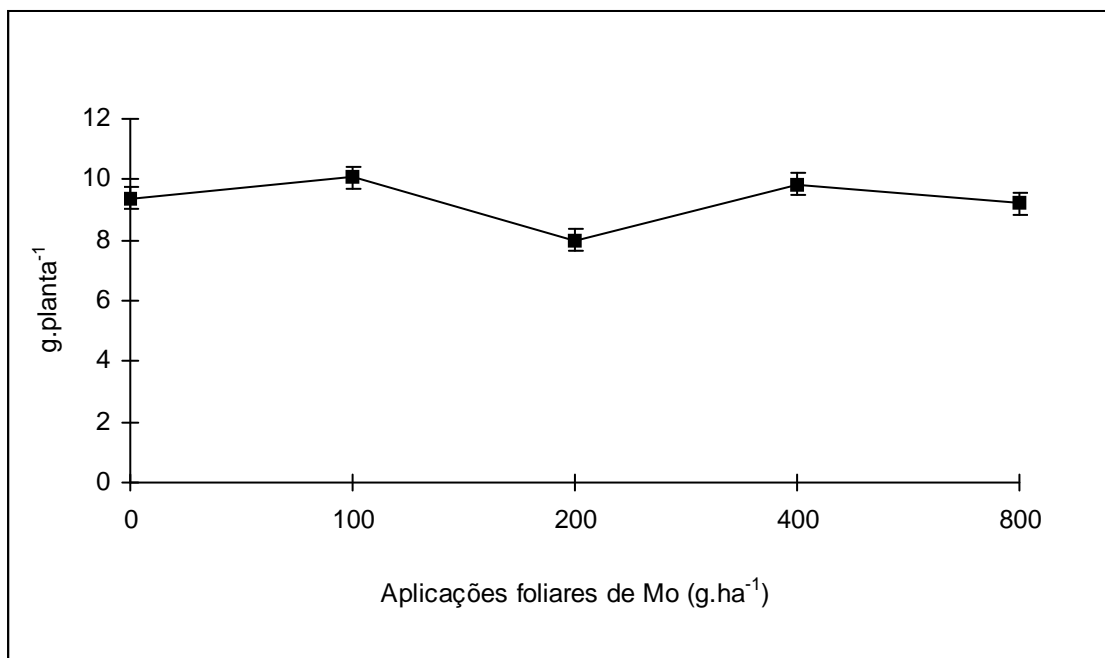


Figura 4: Efeito da aplicação foliar de molibdênio aos 32 (DAG) sobre a massa da parte aérea seca por planta de caupi da coleta realizada aos 48 (DAG), crescido em condições de campo. (CV%=28,89).

4.1.2 Segunda coleta de dados realizadas aos 79 dias após a germinação, 47 dias após a primeira aplicação foliar (32 DAG) e 25 dias após a segunda aplicação foliar (54 DAG).

4.1.2.1 Número de nódulos por planta

Na segunda época de coleta dos dados 79 DAG, não foram detectados efeitos significativos estatisticamente para o número de nódulos por planta (Figura 5)

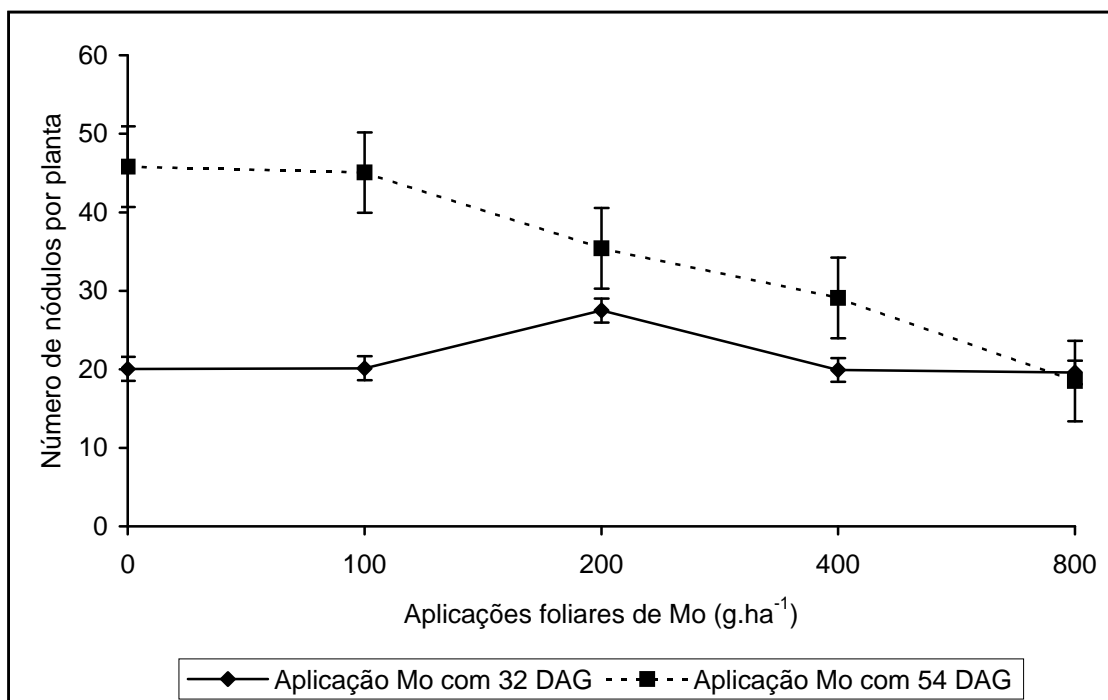


Figura 5: Efeito da época de aplicação foliar e de doses de molibdênio sobre o número de nódulos de plantas de caupi cultivadas em condições de campo, coletadas aos (79 DAG). Médias de quatro repetições. CV% = 109,29.

4.1.2.2 Massa de nódulos secos por planta

Nesta segunda época de coleta dos dados 79 DAG, não foram detectados efeitos significativos estatisticamente para a massa de nódulos secos por planta (Figura 6).

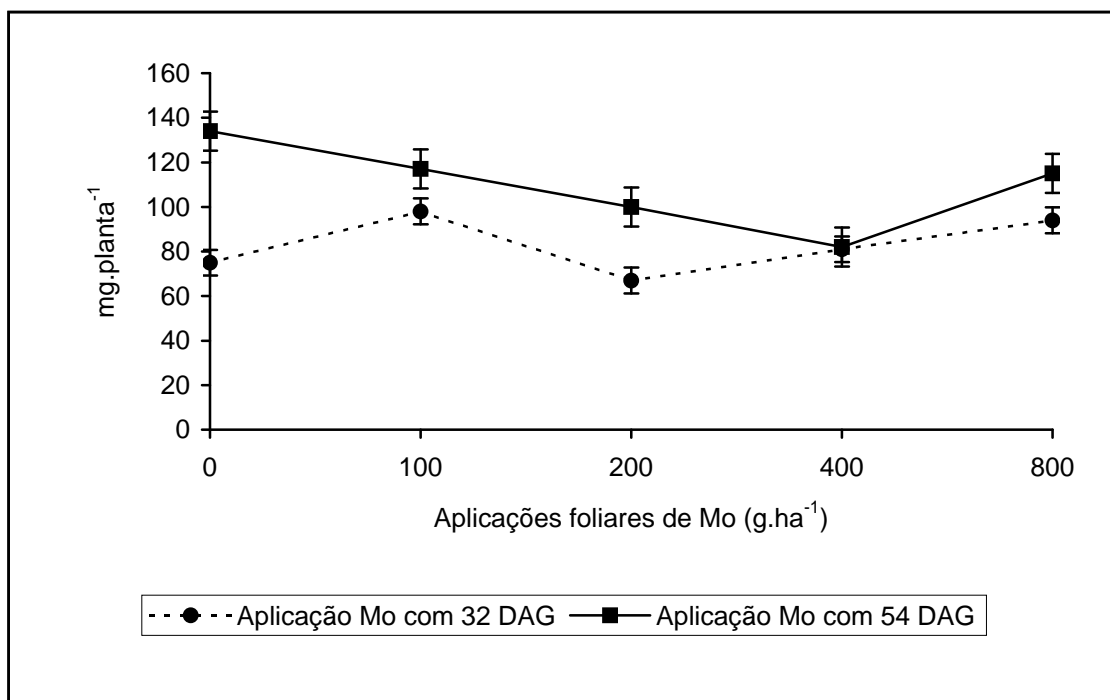


Figura 6: Efeito de época de aplicação foliar e de doses de molibdênio sobre a massa de nódulos de plantas de caupi cultivadas em condições de campo, coletadas aos (79 DAG). Médias de quatro repetições. CV% = 106,45.

4.1.2.3 Massa de raiz seca por planta

Nesta segunda época de coleta dos dados 79 DAG, não foram detectados efeitos significativos estatisticamente para a massa de raiz seca por planta (Figura 7).

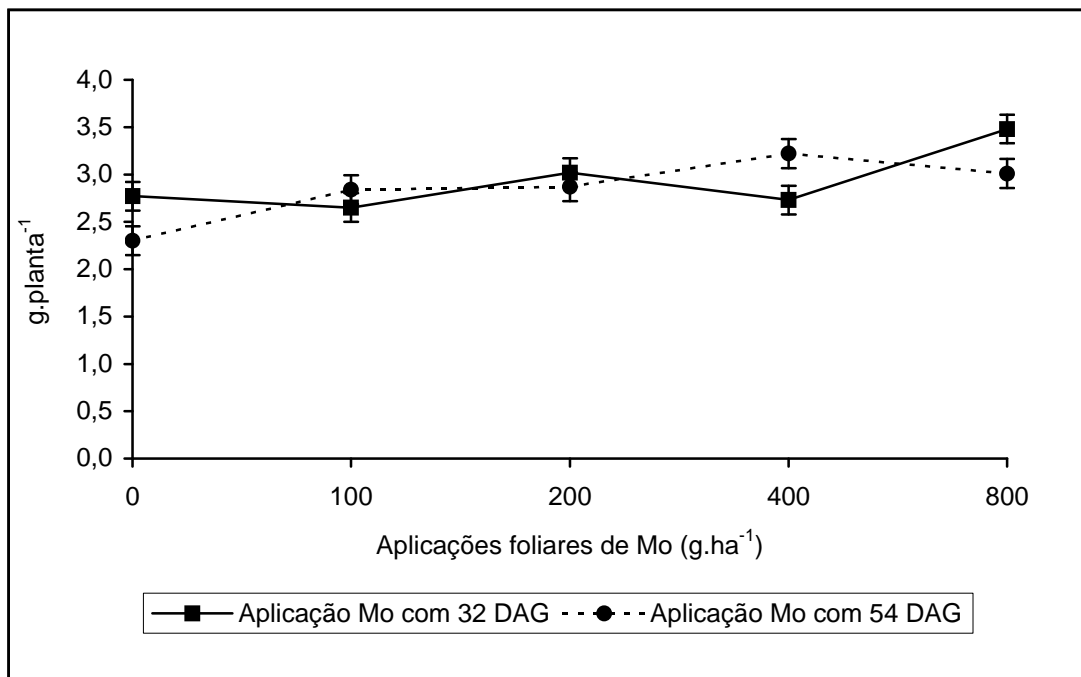


Figura 7: Efeito de época de aplicação foliar e de doses de molibdênio sobre a massa de raiz seca de plantas de caupi cultivadas em condições de campo, coletadas aos (79 DAG). Médias de quatro repetições. CV% = 40,93.

4.1.2.4 Massa da parte aérea seca por planta

Nesta segunda época de coleta dos dados 79 DAG, não foram detectados efeitos significativos estatisticamente para a massa da parte aérea seca por planta (Figura 8).

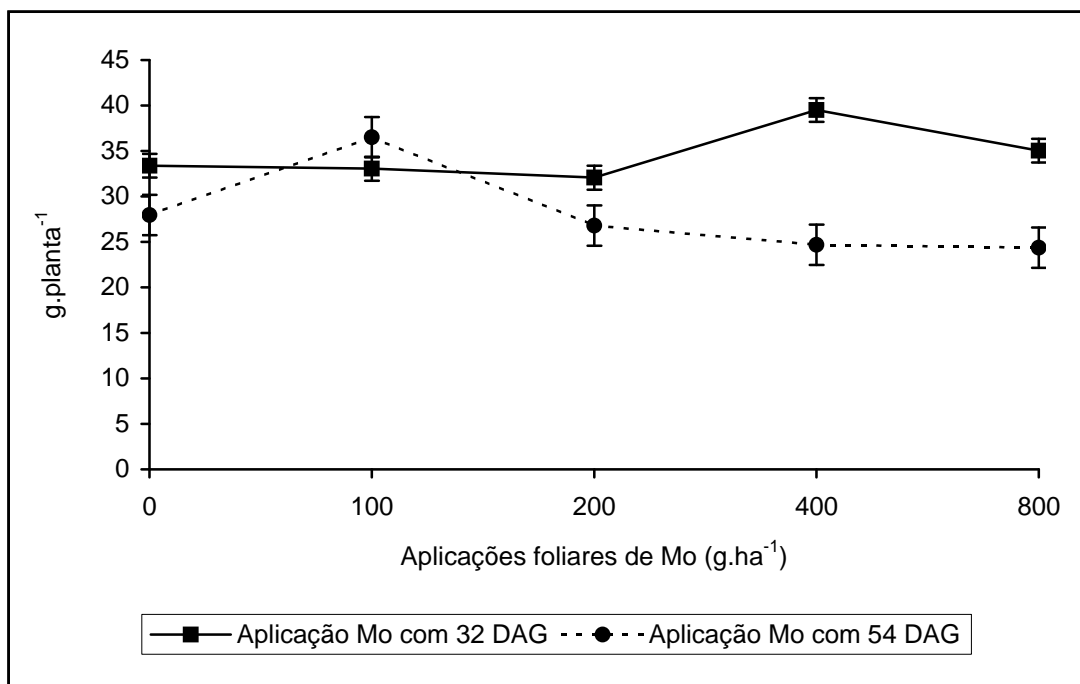


Figura 8: Efeito de época de aplicação foliar e de doses de molibdênio sobre a massa da parte aérea seca de plantas de caupi cultivadas em condições de campo, coletadas aos (79 DAG). Médias de quatro repetições. CV% = 38,01.

4.1.3 Produtividade

A análise de variância não mostrou efeito significativo da aplicação das concentrações de molibdênio, nem das épocas de aplicação avaliadas na produtividade, como pode ser visto na (Tabela 1). Porém podemos observar que na primeira época da aplicação foliar de molibdênio (com 32 DAG), a maior produtividade foi obtida com a dosagem de 400 g.Mo.ha⁻¹, que também elevou significativamente o número e a massa de nódulos nesta mesma época de aplicação (Figuras 1 e 2). A menor produtividade foi obtida com a dosagem de 800 g.Mo.ha⁻¹ aplicadas na fase de enchimento do grão (79 DAG). A maior produtividade geral deste experimento foi obtida na testemunha (sem aplicação de molibdênio) da segunda época de aplicação foliar (54 DAG) (Tabela 1).

Tabela 1: Efeito da aplicação foliar de doses de molibdênio em três diferentes épocas (32 DAG, 54 DAG e 80 DAG) sobre a produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em plantas de caupi (*Vigna unguiculata*) em condições de campo. Médias de 4 repetições. CV (%) = 25,44

| Épocas de aplicação de Mo | Doses de molibdênio ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$) | | | | |
|---------------------------|---|------|------|------|------|
| | Testemunha | 100 | 200 | 400 | 800 |
| | Produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) | | | | |
| 32 Dias após a germinação | 1289 | 1433 | 1526 | 2066 | 1558 |
| Florescimento 54 DAG | 2118 | 1821 | 1554 | 1492 | 1675 |
| Enchimento grão 80 DAG | 1282 | 1254 | 1826 | 1456 | 1240 |

4.2 Resultados do Experimento II - Níveis de Mo x pH do Solo x Aplicação no sulco de plantio ou Foliar.

4.2.1 Primeira coleta de dados realizada aos 62 dias após a germinação, 07 dias após à aplicação foliar de molibdênio (56 DAG).

4.2.1.1 Número de nódulos por planta

Na análise estatística dos dados da primeira coleta de plantas realizada aos 62 DAG, onde ocorreu a aplicação de molibdênio no sulco de plantio, não foi observado efeito significativo das doses utilizadas desse micronutriente em nenhum dos níveis de pH testados. Porém podemos observar que, tanto em pH 5,5 como no pH 6,5, o maior número de nódulos por planta foi obtido na dosagem de $80 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$, como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio em dois níveis de pH no número de nódulos por planta de caupi na coleta realizada com 62 DAG no início do florescimento. Médias de quatro repetições. CV%=30,7.

| | Doses de molibdênio aplicados no sulco de plantio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|----------------------------|---|------|------|------|------|------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| pH 5,5 | 30,6 | 56,6 | 31,5 | 71,5 | 25,1 | 52,7 |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 40,2 | 50,0 | 46,5 | 82,4 | 55,2 | 49,2 |

Quando a aplicação do molibdênio foi realizada via foliar aos 56 DAG (Tabela 3) e com a coleta das plantas aos 62 DAG foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as doses de molibdênio. No pH 5,5, o maior número de nódulos foi obtido com a aplicação de 80 g.ha⁻¹ de molibdênio, dosagem esta que diferiu estatisticamente da testemunha, de 20 e de 1280 g.ha⁻¹. No pH 6,5 (calagem) as doses de 160 e 1280 foram estatisticamente superiores as demais (Tabela 3).

Tabela 3: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH aos 56 DAG, no número de nódulos por planta de caupi na coleta realizada com 62 DAG início do florescimento. Médias de quatro repetições.

| | Doses de aplicação foliar de molibdênio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|----------------------------|---|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| pH 5,5 | 27,0 Db | 89,1 BCa | 122,7 ABa | 154,7 Aa | 124,2 ABb | 57,1 CDb |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 81,5 Ba | 90,8 Ba | 108,7 Ba | 87,5 Bb | 191,3 Aa | 210,5 Aa |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). CV%=30,7.

Quando o molibdênio foi aplicado no sulco de plantio o pH não influenciou o número de nódulos em nenhuma das doses de Mo empregadas (Tabela 2). Com a aplicação de molibdênio via foliar, o pH influenciou o número de nódulos por planta. Com a utilização de 80 g.ha⁻¹ de molibdênio o maior número de nódulos por planta foi obtido no pH 5,5 enquanto

que, nas doses de 160 e 1280 g.ha⁻¹ o maior número de nódulos por planta foi obtido com pH 6,5 como pode ser visto na Tabela 3.

4.2.1.2 Massa de nódulos por planta

Não foi observado efeito dos níveis de molibdênio aplicado via foliar ou no sulco de plantio sobre a massa de nódulos secos por planta na coleta realizada no início da floração (62 DAG), em nenhum dos níveis de pH estudados (Tabelas 4 e 5). Porém com a aplicação de molibdênio no sulco de plantio ou via foliar, as maiores massas de nódulos por planta foram obtidos com a aplicação de 160 g.ha⁻¹ nas parcelas onde foi realizada calagem e que tiveram o pH corrigido para 6,5 (Tabelas 4 e 5).

O pH teve influencia significativa neste parâmetro, apenas quando a dosagem de molibdênio empregada foi de 160 g.ha⁻¹ aplicado no sulco de plantio e 1280 g.ha⁻¹ aplicado via foliar, como pode ser visto nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio em dois níveis de pH sobre a massa de nódulos secos (mg), por planta de caupi na coleta realizada com (62 DAG) no início do florescimento. Médias de quatro repetições.

| | Doses de molibdênio aplicados no sulco de plantio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|-----------------------------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| PH 5,5 | 68 Aa | 184 Aa | 55 Aa | 177 Aa | 71 Ab | 120 Aa |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 131 Aa | 219 Aa | 144 Aa | 166 Aa | 231 Aa | 129 Aa |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). (CV% = 57,4).

Tabela 5: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH aos 56 DAG, sobre a massa de nódulos secos, em (mg.planta⁻¹) de caupi na coleta realizada aos 62 DAG no início do florescimento. Médias de quatro repetições.

| | Doses de aplicação foliar de molibdênio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|----------------------------|---|-------|--------|--------|--------|--------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| PH 5,5 | 53 Aa | 89 Aa | 123 Aa | 127 Aa | 124 Aa | 58 Ab |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 81 Aa | 91 Aa | 109 Aa | 100 Aa | 220 Aa | 210 Aa |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). (CV% = 57,4).

4.2.1.3 Massa de raiz seca por planta

A massa de raiz seca por planta foi afetada significativamente pelas doses de molibdênio aplicados no sulco de plantio apenas no pH corrigido (6,5). Neste nível de pH, na testemunha e na aplicação de 160 g.ha⁻¹ foram os maiores valores para essa característica, diferindo estatisticamente da aplicação de 40 g.ha⁻¹ (Figura 9).

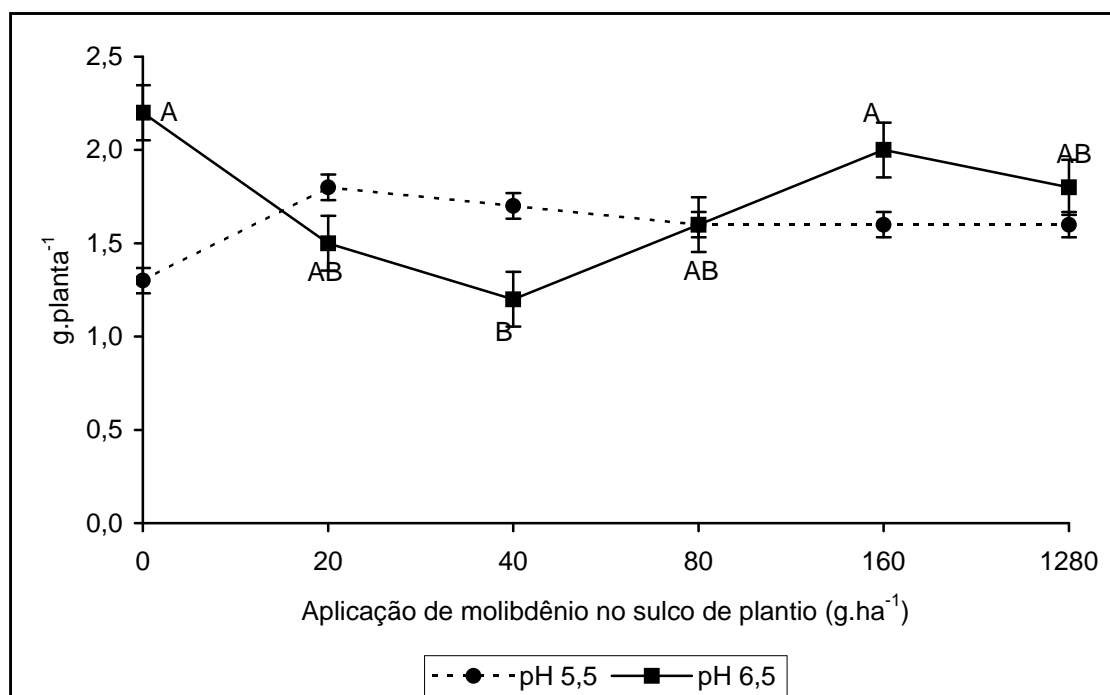


Figura 9: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio, sobre a massa de raiz seca, em gramas, por planta de caupi na coleta realizada com (62 DAG) no início do florescimento. Médias de quatro repetições. Médias seguidas de mesma letra, no mesmo nível de pH, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). (CV% = 21,6).

Na aplicação de molibdênio via foliar, que foi realizada aos 56 DAG, não foi detectado, neste experimento, efeito significativo nem das doses de molibdênio nem dos níveis de pH estudados sobre a massa de raiz seca por planta (Tabela 6).

Tabela 6: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH sobre a massa de raiz seca, em gramas, por planta de caupi na coleta realizada com 62 DAG no início do florescimento. Médias de quatro repetições. (CV% = 21,6).

| | Doses de aplicação foliar de molibdênio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|-------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| pH 5,5 | 1,5 | 1,5 | 1,3 | 1,7 | 1,7 | 1,4 |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 1,2 | 1,8 | 1,7 | 1,2 | 1,9 | 1,8 |

4.2.1.4 Massa da parte aérea seca

Na característica massa da parte aérea seca, quando o molibdênio foi aplicado no sulco de plantio, foi observado efeito significativo das doses aplicadas nos dois níveis de pH estudados, sendo que em pH 5,5 a aplicação de 20 g.ha⁻¹ diferiu significativamente da aplicação de 1280 g.ha⁻¹ e no pH 6,5 a aplicação de 40 g.ha⁻¹ diferiu estatisticamente da testemunha e de 80 g.ha⁻¹ (Tabela 7).

Quando o molibdênio foi aplicado via foliar não foi detectado efeito significativo entre as doses de Mo no pH 5,5 e no pH 6,5 e a aplicação de 40 g.ha⁻¹ diferiu estatisticamente da aplicação de 20 e de 80 g.ha⁻¹, como pode ser visto na (Tabela 8).

O efeito de pH também foi observado na massa da parte aérea seca. Com a aplicação de molibdênio no sulco de plantio a calagem elevou significativamente a massa da parte aérea seca com aplicação de 40 e 1280 g.ha⁻¹. Quando o molibdênio foi aplicado via foliar, a calagem elevou a massa da parte aérea seca com aplicação de 40, 160 e 1280 g.ha⁻¹ de molibdênio (Tabela 8).

Tabela 7: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio em dois níveis de pH, sobre a massa da parte aérea seca em gramas, por planta de caupi na coleta realizada com (62 DAG) no início do florescimento. Médias de quatro repetições.

| | Doses de molibdênio aplicados no sulco de plantio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|----------------------------|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| pH 5,5 | 16,6 ABa | 28,5 Aa | 23,9 ABb | 22,4 ABa | 24,8 ABa | 14,9 Bb |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 24,3 Ba | 27,3 ABa | 39,8 Aa | 17,4 Ba | 29,0 ABa | 29,6 ABa |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). (CV% = 28,1).

Tabela 8: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH, sobre a massa da parte aérea seca, em gramas, por planta de caupi na coleta realizada com (62 DAG) no início do florescimento. Médias de quatro repetições.

| | Doses de aplicação foliar de molibdênio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|----------------------------|---|----------|---------|---------|----------|----------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| pH 5,5 | 19,7 Aa | 16,7 Aa | 12,2 Ab | 17,7 Aa | 19,3 Ab | 15,4 Ab |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 26,2 ABa | 16,6 BCa | 30,1 Aa | 12,2 Ca | 29,5 ABa | 26,7 ABa |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). (CV% = 28,1).

4.2.2 Segunda Coleta de dados realizada aos 73 dias após a germinação, 17 dias após à aplicação foliar de molibdênio (56 DAG).

4.2.2.1 Número de nódulos por planta

Na segunda coleta de plantas realizada com 73 DAG, (Florescimento pleno), não foi observado efeito significativo das doses de molibdênio aplicadas, no sulco de plantio, em nenhum dos níveis de pH estudados. Porém o maior número de nódulos por planta foi obtido com a aplicação de 1280 g.ha⁻¹ de molibdênio, tanto no pH 5,5 como no pH 6,5 como mostra a Tabela 9.

Com a aplicação de molibdênio via foliar, foi observado efeito significativo das doses de molibdênio aplicadas nas plantas cultivadas no solo com pH 6,5. Neste nível de pH do solo as doses de 20 e 80 g.ha⁻¹ diferiram estatisticamente de 40, 160 e 1280 g.ha⁻¹, como pode ser visto na Tabela 10.

Nas parcelas onde o molibdênio foi aplicado no sulco de plantio a calagem elevou significativamente o número de nódulos na testemunha (sem aplicação de Mo). (Tabela 9). Nas parcelas que receberam a aplicação de molibdênio via foliar, a calagem elevou significativamente este parâmetro quando foram empregadas as doses de 20 e 80 g.Mo.ha⁻¹ (Tabela 10).

Tabela 9: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio em dois níveis de pH do solo, no número de nódulos por planta de caupi na coleta realizada com 73 DAG no florescimento. Médias de quatro repetições.

| | Doses de molibdênio aplicados no sulco de plantio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|----------------------------|---|--------|--------|--------|------|--------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| pH 5,5 | 29,3 b | 65,9 a | 50,7 a | 49,4 a | 62 a | 73,8 a |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 81,1 a | 70,6 a | 86,1 a | 71,6 a | 63 a | 89,1 a |

Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). (CV% = 28,1).

Tabela 10: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio e de dois níveis de pH do solo, no número de nódulos por planta de caupi na coleta realizada com (73 DAG) no florescimento pleno. Médias de quatro repetições.

| | Doses de aplicação foliar de molibdênio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|----------------------------|---|----------|---------|----------|---------|---------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| pH 5,5 | 43,7 Aa | 52,3 Ab | 55,7 Aa | 38,5 Ab | 74,5 Aa | 35,2 Aa |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 79,8 ABa | 128,0 Aa | 48,2 Ba | 125,1 Aa | 61,4 Ba | 64,4 Ba |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). CV% = 40,5.

4.2.2.2 Massa de nódulos secos por planta

Não foi observado efeito significativo, para a massa de nódulos secos por planta, das diferentes doses de molibdênio aplicadas via foliar ou no sulco de plantio, em nenhum dos níveis de pH do solo estudados. Com aplicação de molibdênio no sulco de plantio e no pH 5,5, a maior massa de nódulos por planta foi obtido na dosagem de 80 g.Mo.ha⁻¹. No pH 6,5 (calagem) a maior massa de nódulos por planta foi obtido na dosagem de 40 g.Mo.ha⁻¹. Quando o Mo foi aplicado via foliar e em pH 5,5 a maior massa de nódulos por planta foi obtido na dose de 160 g.ha⁻¹, e no pH 6,5 na dose de 80 g.ha⁻¹. (Tabela 11).

A calagem, novamente, influenciou positivamente este parâmetro em praticamente todas as doses de Mo avaliadas. Nas doses de Mo aplicadas no sulco de plantio, a calagem elevou significativamente a massa de nódulos secos por planta em 20, 40 e 1280 g.ha⁻¹, (Tabela 11). Nos tratamentos onde as doses de Mo que foram aplicadas via foliar à calagem elevou a massa de nódulos secos por planta na testemunha (sem aplicação de Mo) e com utilização de 20 g.ha⁻¹ (Tabela 12).

Tabela 11: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio em dois níveis de pH do solo, sobre a massa de nódulos secos por planta (mg), na coleta realizada com 73 DAG no florescimento pleno. Médias de quatro repetições.

| | Doses de molibdênio aplicados no sulco de plantio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|-------------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| pH 5,5 | 46 Aa | 54 Ab | 74 Ab | 124 Aa | 108 Aa | 75 Ab |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 109 Aa | 130 Aa | 181 Aa | 102 Aa | 112 Aa | 161 Aa |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). CV%=30,7.

Tabela 12: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio e de dois níveis de pH do solo, sobre a massa de nódulos secos por planta (mg), na coleta realizada com 73 DAG no florescimento pleno. Médias de quatro repetições.

| | Doses de molibdênio aplicados no sulco de plantio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|----------------------------|---|--------|--------|--------|--------|-------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| pH 5,5 | 72 Ab | 79 Ab | 96 Aa | 114 Aa | 147 Aa | 56 Aa |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 151 Aa | 173 Aa | 124 Aa | 177 Aa | 89 Aa | 96 Aa |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). CV%=41,1.

4.2.2.3 Massa de raiz seca por planta

Para a característica massa de raiz seca por planta (g), não foi observado efeito significativo entre as doses de molibdênio aplicadas no sulco de plantio ou aplicadas via foliar, porém nas parcelas onde o molibdênio foi aplicado no sulco de plantio, os maiores valores de massa de raiz seca por planta foram obtidos na dosagem de 40 g.Mo.ha⁻¹ em pH do solo 5,5 e tratamento sem molibdênio (testemunha) em pH do solo 6,5 (Tabela 13).

Com a aplicação de molibdênio via foliar o maior valor de massa de raiz seca por planta foi obtido com as doses de 40 e 80 g.Mo.ha⁻¹ no pH 5,5 e também com 40 g.Mo.ha⁻¹ no pH 6,5 (calagem) (Tabela 14), embora não tenha sido encontradas diferenças significativas estatisticamente.

Independente da forma de aplicação de molibdênio, sulco de plantio (Tabela 13) ou aplicação foliar (Tabela 14), a calagem elevou a massa de raiz em praticamente todas as doses de Mo estudadas. Nas plantas de caupi onde foi realizada a aplicação de molibdênio no sulco de plantio houve diferença estatística na testemunha (sem adição de Mo) e quando o Mo foi aplicado na dose de 20 g.Mo.ha⁻¹ (Tabela 13).

Tabela 13: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio em dois níveis de pH do solo, sobre a massa de raiz seca por planta (g), na coleta realizada com 73 DAG no florescimento pleno. Médias de quatro repetições.

| | Doses de molibdênio aplicados no sulco de plantio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|----------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| pH 5,5 | 1,6 Ab | 1,6 Ab | 2,6 Aa | 1,9 Aa | 1,8 Aa | 1,7 Aa |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 2,6 Aa | 2,5 Aa | 2,4 Aa | 2,1 Aa | 2,1 Aa | 2,2 Aa |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). CV%=24,3.

Tabela 14: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH sobre a massa de raiz seca por planta (g), na coleta realizada com 73 DAG no florescimento pleno. Médias de quatro repetições.

| | Doses de molibdênio aplicados no sulco de plantio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|----------------------------|---|-----|-----|-----|-----|------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| pH 5,5 | 1,9 | 1,6 | 2,4 | 2,4 | 1,8 | 1,8 |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 2,1 | 2,1 | 2,7 | 2,0 | 1,9 | 1,9 |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). CV%=24,3.

4.2.2.4 Massa da parte aérea seca por planta

As doses de molibdênio influenciaram significativamente a massa da parte aérea seca por planta nas duas formas de aplicação de molibdênio (sulco de plantio e foliar), somente na presença de calagem.

Nos tratamentos onde o molibdênio foi aplicado no sulco de plantio na dosagem de 40 g.ha⁻¹, diferiu estatisticamente da adição de 80 g.ha⁻¹ (Tabela 15). Nos tratamentos onde ocorreu a aplicação de molibdênio via foliar também foi detectado efeito significativo das

doses de molibdênio empregadas e a dosagem de 40 g.ha⁻¹ diferiu de 20, 80, 160 e 1280 g.ha⁻¹ (Tabela 16).

Também foi observado efeito da calagem quando o molibdênio foi aplicado no sulco de plantio, o que elevou significativamente a massa da parte aérea seca nas doses de 20 e 160 g.ha⁻¹, e reduziu na dose de 80 g.Mo.ha⁻¹ (Tabela 15). Com a aplicação foliar de Mo a calagem elevou significativamente a massa da parte aérea seca no tratamento testemunha (sem aplicação de molibdênio) e com aplicação de 40 g.Mo.ha⁻¹, porém reduziu esta característica quando foram aplicados 80 g.Mo.ha⁻¹ (Tabela 16).

Tabela 15: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio em dois níveis de pH, sobre a massa da parte aérea seca por planta (g), na coleta realizada com (73 DAG) no florescimento pleno. Médias de quatro repetições.

| | Doses de molibdênio aplicados no sulco de plantio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|----------------------------|---|----------|---------|---------|----------|----------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| pH 5,5 | 17,8 Aa | 18,5 Ab | 22,7 Aa | 27,1 Aa | 15,1 Ab | 17,0 Aa |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 23,4 ABa | 28,9 ABa | 30,3 Aa | 17,6 Bb | 29,7 ABa | 24,7 ABa |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey (P_≤0,05). (CV% = 27,5).

Tabela 16: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH sobre a massa da parte aérea seca por planta (g), na coleta realizada com (73 DAG) no florescimento pleno. Médias de quatro repetições.

| | Doses de aplicação foliar de molibdênio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|----------------------------|---|---------|---------|---------|----------|----------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| pH 5,5 | 13,3 Ab | 15,8 Aa | 17,9 Ab | 23,6 Aa | 18,0 Aa | 21,6 Aa |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 32,0 ABa | 17,0 Ca | 38,8 Aa | 13,5 Cb | 24,5 BCa | 23,2 BCa |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey (P_≤0,05). (CV% = 27,5).

4.2.3 Terceira coleta de dados realizada aos 87 dias após a germinação, 31 dias após à aplicação foliar de molibdênio (56 DAG).

4.2.3.1 Número de nódulos por planta

Nesta época de coleta de plantas (78 DAG), não foi observado efeito das doses de molibdênio aplicadas via foliar ou no sulco de plantio sobre o número de nódulos por planta em nenhum dos níveis de pH do solo estudados (Figura 10 e 11). Mesmo não havendo diferenças significativas estatisticamente, podemos observar que quando o molibdênio foi aplicado no sulco de plantio e em pH 5,5 a dosagem de 160 g.ha⁻¹ proporcionou o maior e a testemunha apresentou o menor número de nódulos por planta (Figura 10). Nesta mesma forma de aplicação de Mo associado à calagem o maior número de nódulos foi obtido com a utilização de 80 g.Mo.ha⁻¹ (Figura 10).

Quando a aplicação de molibdênio foi realizada via foliar, e em pH 5,5 ou na presença de calagem pH 6,5, o maior número de nódulos foi obtido com 40 g.ha⁻¹ (Figura 11).

Também não se observou efeito significativo de calagem sobre esta característica nas duas formas de aplicação de molibdênio (sulco de plantio e foliar) (Figura 10 e 11).

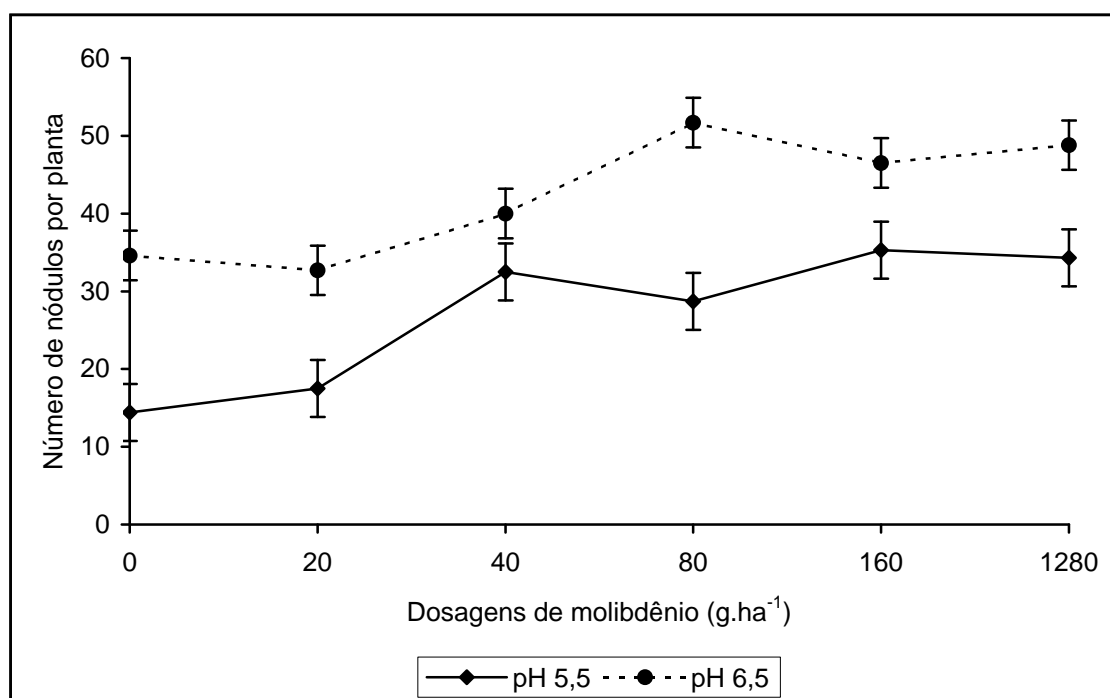


Figura 10: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio em dois níveis de pH 5,5 e calagem 6,5, sobre o número de nódulos por planta, na terceira coleta realizada com 87 DAG no enchimento dos grãos. Medias de quatro repetições. CV% = 60,7.

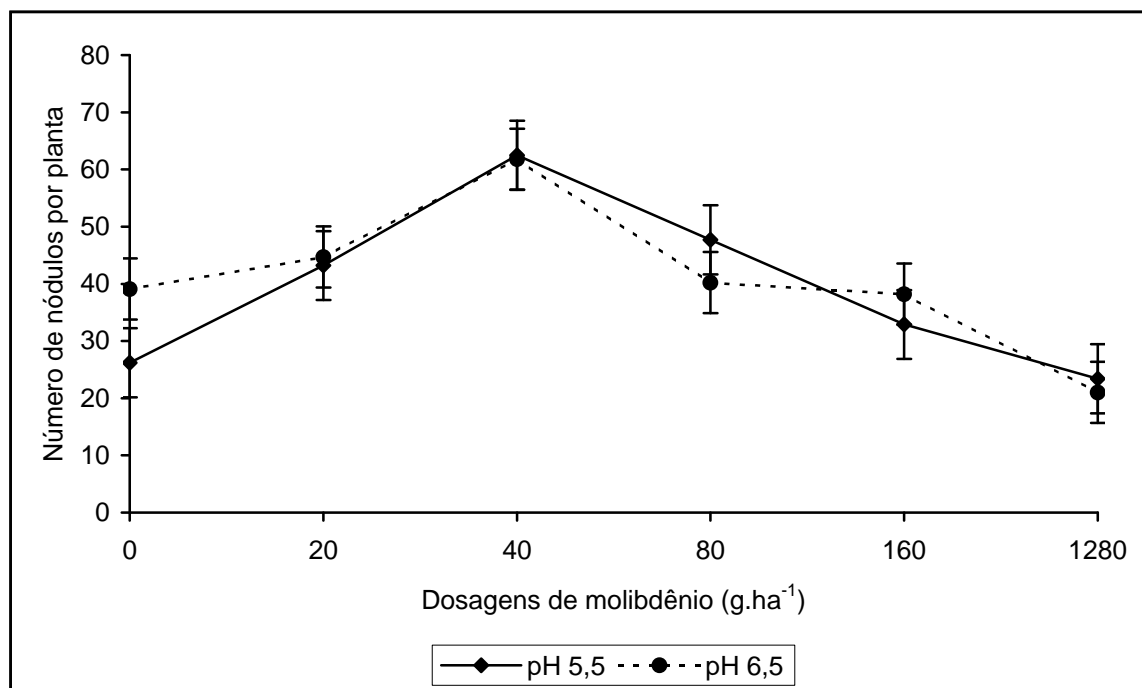


Figura 11: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH 5,5 e calagem 6,5, sobre o número de nódulos por planta, na terceira coleta realizada com 87 DAG no enchimento dos grãos. Medias de quatro repetições. CV% = 60,7.

4.2.3.2 Massa de nódulos secos por planta

Apesar de não ter influenciado o número de nódulos por planta, as doses de molibdênio empregadas influenciaram a massa de nódulos por planta. Com a aplicação de molibdênio no sulco de plantio e no pH do solo 6,5 a utilização das dosagens de 20 e 80 g.ha⁻¹ diferiram estatisticamente da aplicação de 20, 40, 80 e 160 g.Mo.ha⁻¹ (Tabela 17).

Com a aplicação de molibdênio via foliar houve efeito significativo entre as doses empregadas tanto no pH 5,5 como no pH do solo 6,5. No pH do solo 5,5 a dose de 80 g.ha⁻¹ diferiu da testemunha e da dose de 1280 g.ha⁻¹ (Tabela 18). No pH do solo 6,5 as dosagens de 20, 40, 80 e 160 g.ha⁻¹ diferiram significativamente da dose de 1280 g.ha⁻¹ (Tabela 18).

A calagem também influenciou significativamente esta característica. Quando o molibdênio foi aplicado no sulco de plantio nas doses de 20, 80 e na testemunha (sem aplicação de Mo) foi detectado aumento significativo da massa de nódulos por planta (Tabela 17). Quando a forma de aplicação de Mo foi foliar, a calagem provocou uma redução da massa de nódulos por planta em todas as parcelas onde houve aplicação de molibdênio, e na maior dosagem utilizada (1280 g.ha⁻¹), a calagem reduziu significativamente este parâmetro (Tabela 18).

Tabela 17: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio, em dois níveis de pH do solo, sobre a massa de nódulos secos por planta (mg), na terceira coleta realizada com 87 DAG - enchimento do grão. Médias de quatro repetições.

| | D0, doses de molibdênio aplicados no sulco de plantio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|-------------------------------|--|--------|-------|--------|-------|-------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| pH 5,5 | 25 Ab | 37 Ab | 59 Aa | 21 Ab | 43 Aa | 54 Aa |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 88 ABa | 122 Aa | 52 Ba | 116 Aa | 61 Ba | 67 Ba |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). (CV% = 34,2).

Tabela 18: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH, sobre a massa de nódulos secos por planta (mg), na terceira coleta realizada com 87 DAG - enchimento do grão. Médias de quatro repetições.

| | Doses de aplicação foliar de molibdênio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|-------------------------------|---|--------|---------|--------|---------|--------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| pH 5,5 | 48 Ca | 97 ABa | 89 ABCa | 112 Aa | 101 ABa | 62 Bca |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 61 ABa | 69 Aa | 68 Aa | 91 Aa | 78 Aa | 20 Bb |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). (CV% = 34,2).

4.2.3.3 Massa de raiz seca por planta

Com a aplicação de molibdênio no sulco de plantio houve efeito das doses de molibdênio empregadas sobre a massa de raiz seca por planta, tanto no pH 5,5, como nos tratamentos onde foi realizada a calagem (pH 6,5). No pH 5,5 a aplicação da dose 40 g.ha⁻¹ diferiu estatisticamente da testemunha que apresentou o menor valor (Tabela 19). Nos tratamentos onde foi realizada a calagem (pH 6,5) a aplicação de 20 g.ha⁻¹ diferiu de 40, 160 e 1280 g.ha⁻¹ (Tabela 19).

Com a aplicação de molibdênio via foliar só foi detectado efeito das doses de molibdênio em presença de calagem. A dosagem de 40 g.ha⁻¹ diferiu estatisticamente da testemunha (sem aplicação de Mo) e de 160 g.ha⁻¹ (Tabela 20).

A calagem elevou significativamente a massa de raiz seca por planta nos três primeiros níveis de molibdênio: testemunha (sem aplicação de Mo), com 20 e 40 g.Mo.ha⁻¹ aplicados no sulco de plantio (Tabela 19). Com a aplicação de Mo via foliar, a calagem elevou significativamente a massa de raiz seca por planta apenas na dosagem de 40 g.Mo.ha⁻¹ (Tabela 20).

Tabela 19: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio, em dois níveis de pH, sobre a massa de raiz seca por planta (g), na terceira coleta realizada com 87 DAG - enchimento do grão. Médias de quatro repetições.

| | Doses de molibdênio aplicados no sulco de plantio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|----------------------------|---|---------|---------|----------|---------|---------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| pH 5,5 | 1,7 Bb | 2,0 ABb | 3,1 Aa | 2,6 ABa | 2,1 ABa | 2,2 ABa |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 2,9 ABa | 3,3 Aa | 1,9 BCb | 2,1 ABCa | 1,6 Ca | 1,8 BCa |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey (P_≤0,05). (CV% = 26,8).

Tabela 20: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH, sobre a massa de raiz seca por planta (g), na terceira coleta realizada com (87 DAG) no enchimento do grão. Médias de quatro repetições.

| | Doses de aplicação foliar de molibdênio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|----------------------------|---|---------|--------|---------|--------|---------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| pH 5,5 | 2,0 Aa | 2,0 Aa | 1,8 Ab | 2,3 Aa | 1,9 Aa | 1,7 Aa |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 1,9 Ba | 2,4 ABa | 3,1 Aa | 2,1 ABa | 1,9 Ba | 2,2 ABa |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey (P_≤0,05). (CV% = 26,8).

4.2.3.4 Massa da parte aérea seca por planta

As doses de molibdênio aplicadas influenciaram significativamente a massa da parte aérea seca por planta, nas duas formas de aplicação (sulco de plantio e foliar) apenas em presença de calagem do solo. Quando a aplicação de molibdênio foi realizada no sulco de plantio a testemunha diferiu das dosagens 80, 160 e 1280 g.ha⁻¹ (Tabela 21).

Quando a aplicação de molibdênio foi realizada via foliar, a dosagem de 40 g.ha⁻¹ foi estatisticamente superior a todas as outras como pode ser visto na (Tabela 22).

Também foi observado efeito de calagem neste parâmetro elevando a massa da parte aérea seca por planta quando o molibdênio foi aplicado no sulco de plantio no tratamento testemunha e aplicação de 20 g.ha⁻¹. Com aplicação de 80 g.ha⁻¹ a calagem reduziu a massa da parte aérea (Tabela 21). Com aplicação de molibdênio via foliar a calagem elevou a massa da parte aérea seca em todos as doses de Mo empregadas, com exceção das parcelas que receberam 80 g.Mo.ha⁻¹ e onde foi empregada a dosagem de 40 g.ha⁻¹ ocorreu aumento significativo desta característica (Figura 22).

Tabela 21: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio, em dois níveis de pH, sobre a massa da parte aérea seca por planta (g), na terceira coleta realizada com (87 DAG) no enchimento do grão. Médias de quatro repetições.

| | Doses de molibdênio aplicados no sulco de plantio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|-------------------------------|---|----------|----------|---------|---------|---------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| pH 5,5 | 19,6 Ab | 21,5 Ab | 30,2 Aa | 29,6 Aa | 31,0 Aa | 29,1 Aa |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 36,7 Aa | 32,1 ABa | 24,0 ABa | 17,7 Bb | 22,0 Ba | 20,5 Ba |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). (CV% = 29,5).

Tabela 22: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH do solo, sobre a massa da parte aérea seca por planta (g), na terceira coleta realizada com (87 DAG) no enchimento do grão. Médias de quatro repetições.

| | Doses de aplicação foliar de molibdênio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|-----------------------------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| pH 5,5 | 21,3 Aa | 14,8 Aa | 13,4 Ab | 22,1 Aa | 18,7 Aa | 19,0 Aa |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 21,7 Ba | 23,5 Ba | 42,7 Aa | 17,9 Ba | 19,3 Ba | 27,8 Ba |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). (CV% = 29,5).

4.2.4 Produtividade

Na análise estatística da produtividade (kg.ha⁻¹) foi detectado efeito da aplicação das doses de molibdênio, apenas, quando a forma de aplicação desse micronutriente foi realizada no sulco de plantio e com a presença de calagem. Nestas condições a aplicação de 20 g.ha⁻¹ diferiu estatisticamente da testemunha, da aplicação de 40 e 80 g.ha⁻¹ (Tabela 23). Para a aplicação via foliar não foi detectado efeito das doses de molibdênio (Tabela 24).

A calagem proporcionou elevação da produtividade quando o molibdênio foi aplicado no sulco de plantio, e também quando foi aplicado via foliar. Quando a aplicação foi realizada no sulco de plantio a calagem elevou a produtividade na testemunha (sem aplicação de Mo), 20 e 1280 g.ha⁻¹ (Tabela 23). Com o molibdênio aplicado via foliar a calagem elevou significativamente a produtividade na testemunha (sem aplicação de Mo) e na dosagem de 1280 g.Mo.ha⁻¹ (Tabela 24).

Tabela 23: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio, em dois níveis de pH do solo, sobre a produtividade (kg.ha⁻¹) de plantas de caupi crescidas em condições de campo. Médias de quatro repetições.

| | Doses de molibdênio aplicados no sulco de plantio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|----------------------------|---|---------|---------|---------|----------|---------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| pH 5,5 | 792 Ab | 929 Ab | 1361 Aa | 1119 Aa | 1088 Aa | 873 Ab |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 1386 Ba | 2174 Aa | 1238 Ba | 867 Ba | 1515 ABa | 1475ABa |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). (CV% = 32,53).

Tabela 24: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH do solo, sobre a produtividade (kg.ha⁻¹) de plantas de caupi crescidas em condições de campo. Médias de quatro repetições.

| | Doses de aplicação foliar de molibdênio (g.ha ⁻¹) | | | | | |
|----------------------------|---|---------|---------|--------|--------|---------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| pH 5,5 | 777 Ab | 751 Aa | 737 Aa | 747 Aa | 912 Aa | 724 Ab |
| pH corrigido (calagem) 6,5 | 1313 Aa | 1001 Aa | 1055 Aa | 701 Aa | 859 Aa | 1087 Aa |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). (CV% = 32,53).

Na análise estatística realizada para verificar o efeito das duas formas de aplicação do molibdênio sobre a produtividade foi encontrado que no pH (5,5) a aplicação no sulco de plantio foi sempre superior à aplicação foliar, apesar de só ser observado efeito estatisticamente significativo na dosagem de 40 g.ha⁻¹ (Tabela 25). No pH corrigido (6,5), novamente foi observado que a produtividade foi sempre superior onde à aplicação de Mo foi realizada no sulco de plantio e neste caso foi estatisticamente diferente com a aplicação das doses 20 e 160 g.Mo.ha⁻¹ (Tabela 26).

Tabela 25: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio e via foliar, em pH 5,5, sobre a produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de plantas de caupi crescidas em condições de campo. Médias de quatro repetições.

| Forma de aplicação de molibdênio | Doses de molibdênio ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$) no pH 5,5 | | | | | |
|----------------------------------|---|-------|--------|--------|--------|-------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| Aplicação no sulco de plantio | 792 a | 929 a | 1361 a | 1119 a | 1088 a | 873 a |
| Aplicação foliar | 777 a | 751 a | 737 b | 747 a | 912 a | 724 a |

Médias seguidas de mesma letra, na mesma dose de molibdênio, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). (CV% = 32,53).

Tabela 26: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio e via foliar, com o pH corrigido (6,5 calagem), sobre a produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Médias de quatro repetições.

| Forma de aplicação de molibdênio | Doses de molibdênio ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$) no pH corrigido 6,5 (calagem) | | | | | |
|----------------------------------|---|--------|--------|-------|--------|--------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| Aplicação no sulco de plantio | 1386 a | 2174 a | 1238 a | 867 a | 1515 a | 1475 a |
| Aplicação foliar | 1313 a | 1001 b | 1055 a | 701 a | 859 b | 1087 a |

Médias seguidas de mesma letra, na mesma dose de molibdênio, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). (CV% = 32,53).

4.2.5 Concentração de molibdênio na semente ($\mu\text{g}\cdot\text{Mo}\cdot\text{semente}^{-1}$)

A concentração de molibdênio na semente foi bastante afetada pelas doses de molibdênio empregadas, tanto quando a aplicação foi realizada no sulco de plantio, como quando foi realizada via foliar nos dois níveis de pH estudados. Quando a aplicação foi realizada no sulco de plantio a maior concentração foi detectada utilizando a maior dosagem de molibdênio ($1280 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$) na presença de calagem (Figura 12).

Quando a aplicação de molibdênio foi realizada via foliar as maiores concentrações desse elemento também foram obtidas sempre nos tratamentos onde ocorreu a correção do

solo (calagem e pH 6,5), com exceção da maior dosagem utilizada (1280 g.ha⁻¹) onde a maior concentração na semente foi obtida no pH 5,5 (sem calagem) (Figura 13).

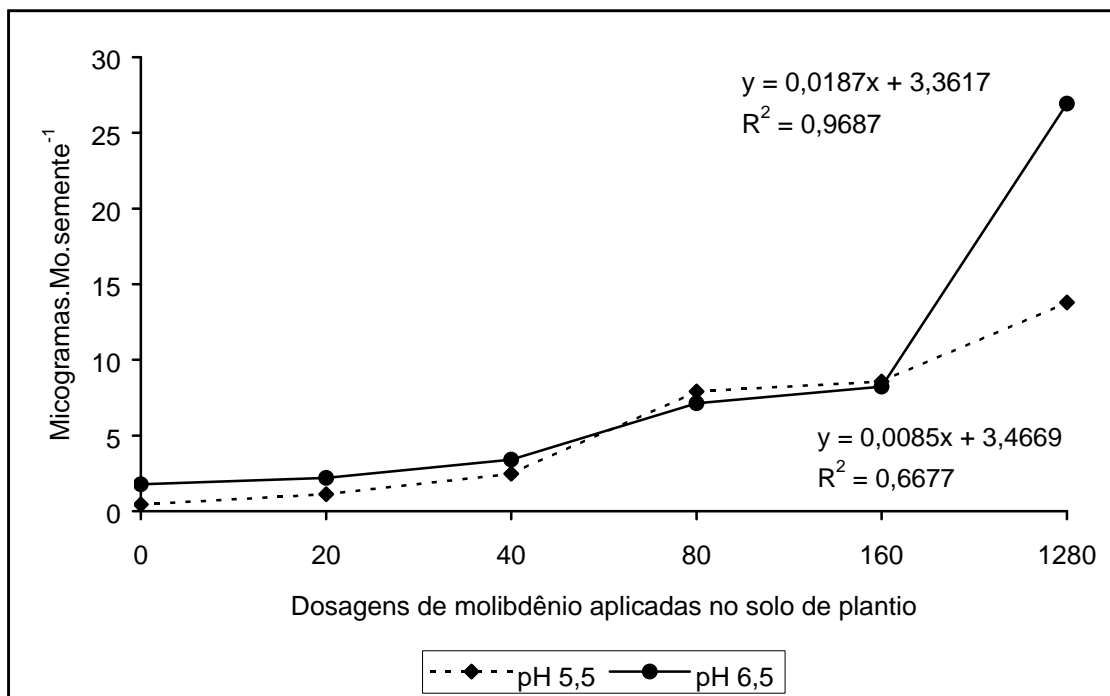


Figura 12: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio em dois níveis de pH (5,5 e 6,5), sobre a concentração de molibdênio na semente (µg.Mo.semente⁻¹). Medias de quatro repetições. CV% = 51,0.

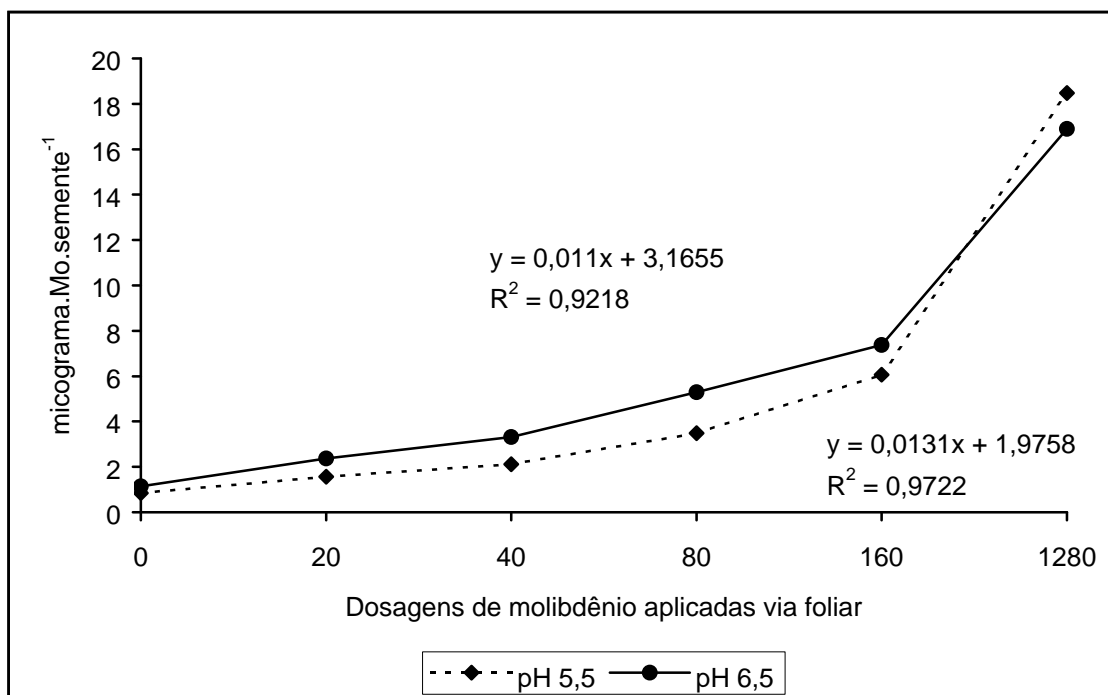


Figura 13: Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio em dois níveis de pH (5,5 e 6,5), sobre a concentração de molibdênio na semente ($\mu\text{g.Mo.semente}^{-1}$). Médias de quatro repetições. CV% = 51,0.

Na análise estatística para verificação do efeito das formas de aplicação de molibdênio na concentração desse elemento na semente, foi detectado efeito significativo na maior dosagem empregada ($1280 \text{ g.Mo.ha}^{-1}$) quando as parcelas foram submetidas à pH 5,5 (Tabela 27). Nas parcelas submetidas a pH 6,5 (calagem) em todas as doses de molibdênio empregadas, com exceção de 20 g.Mo.ha^{-1} ocorreu aumento da concentração na semente quando este micronutriente foi aplicado no sulco de plantio e na dosagem de 1280 g.ha^{-1} esse aumento foi estatisticamente significativo (Tabela 28).

Tabela 27: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio (sulco de plantio e via foliar), em pH 5,5, sobre a concentração desse micronutriente na semente ($\mu\text{g.Mo.semente}^{-1}$). Médias de quatro repetições.

| | Doses de molibdênio (g.ha^{-1}) no pH 5,5 | | | | | |
|-------------------------------|--|--------|--------|--------|--------|---------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| Aplicação no sulco de plantio | 0,45 a | 1,12 a | 2,47 a | 7,91 a | 8,57 a | 13,79 b |
| Aplicação foliar | 0,84 a | 1,56 a | 2,11 a | 3,49 a | 6,06 a | 18,47 a |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). (CV% = 51,0).

Tabela 28: Efeito da aplicação de diferentes doses de molibdênio no sulco de plantio e via foliar, com o pH corrigido (6,5 calagem), sobre a concentração desse micronutriente na semente ($\mu\text{g.Mo.semente}^{-1}$). Médias de quatro repetições.

| Forma de aplicação de molibdênio | Doses de molibdênio (g.ha^{-1}) no pH corrigido 6,5 (calagem) | | | | | |
|----------------------------------|--|--------|--------|--------|--------|---------|
| | Testemunha | 20 | 40 | 80 | 160 | 1280 |
| Aplicação no sulco de plantio | 1,78 a | 2,20 a | 3,41 a | 7,13 a | 8,22 a | 26,93 a |
| Aplicação foliar | 1,14 a | 2,37 a | 3,31 a | 5,29 a | 7,38 a | 16,90 b |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). (CV% = 51,0).

4.3 Discussão

A comparação dos dados de número de nódulos encontrados neste trabalho, com a literatura é dificultada já que o número de trabalhos estudando o efeito da aplicação de molibdênio na fixação biológica de nitrogênio em caupi é pequeno, ao contrário do que já ocorre para outras leguminosas como feijão comum e soja (Jacob Neto, 1985; Jacob Neto & Franco, 1989; Jacob Neto & Franco, 1988; Jacob Neto et al., 1997).

De um modo geral, o número de nódulos encontrados nos dois experimentos foi semelhante aos encontrados por Lacerda et al., (2004) trabalhando com caupi em dois

experimentos em casa de vegetação, e superior aos encontrados por estes mesmos autores em condições de campo. Martins (2003), estudando a introdução de novas estirpes de rizóbio para o caupi em condições de campo, também encontrou um número de nódulos por planta semelhante ao encontrado neste trabalho, indicando que as raízes foram bem colonizadas pelas bactérias fixadoras de nitrogênio. Quanto ao efeito entre as doses de molibdênio utilizadas, podemos observar que os efeitos significativos foram provocados pelas aplicações foliares de Mo.

No experimento I, e na primeira coleta (48 DAG) a dose de 400 g.Mo.ha⁻¹ influenciou significativamente o número de nódulos e no experimento II as doses de 80 g.Mo.ha⁻¹ na primeira coleta (62 DAG) e de 20 e 80 g.Mo.ha⁻¹ na segunda coleta (73 DAG).

Nenhuma das coletas realizadas para verificar o efeito da aplicação de Mo no solo na época de plantio foi significativa para o número de nódulos por planta. São muitos os exemplos na literatura onde não se observa efeito da aplicação de molibdênio no número de nódulos, possivelmente porque a adição deste micronutriente pode estar associada com a elevação da eficiência do nódulo, pela maximização da atividade da enzima nitrogenase, e não com a elevação do número de nódulos por planta (Jacob Neto & Franco, 1989). Jacob Neto & Franco (1988), estudando a variação estacional da concentração de molibdênio nos nódulos e demais partes do feijoeiro em solução nutritiva também não encontrou efeito significativo da adição de Mo em nenhuma coleta que realizou. Franco & Munns (1981), também não observaram efeito da adição de molibdênio até 500 g.ha⁻¹ no número de nódulos em plantas de feijão em condições de casa de vegetação. Em feijoeiro irrigado, Fullin et al., (1999) também não encontraram efeito da adição de Mo no solo por ocasião do plantio ou em cobertura utilizando 20 g.Mo.ha⁻¹. Em outras culturas, como soja (Albino & Campo, 2001) e amendoim, (Caíres & Rosolem, 2000) também não se observaram efeito da adição de Mo no número de nódulos.

Jacob Neto & Rossetto (1998) citam que um erro clássico na literatura, é estudar o efeito da adição de molibdênio utilizando sementes que já contenham o nível crítico. Apesar de não haver estudos sobre o nível crítico em caupi a concentração inicial de Mo nas sementes foi determinada antes do plantio e esteve sempre abaixo do nível crítico encontrado por (Jacob Neto & Franco, 1986) para o feijão e para soja (Jacob Neto et al., 1997) que é de aproximadamente 3,5 µg.Mo.semente⁻¹. Nas sementes plantadas no primeiro experimento a concentração inicial de Mo foi em média de 0,37 µg.Mo.semente⁻¹, as sementes utilizadas no segundo experimento tiveram em média 1,03 µg.Mo.semente⁻¹, o que provavelmente seja inferior ao nível crítico para o caupi. Na primeira coleta realizada aos 62 DAG, no segundo experimento, o baixo número de nódulos obtido na maior dosagem de molibdênio (1280 g.ha⁻¹) em pH 5,5 sugere um efeito fitotóxico. Entretanto, no pH 6,5 do solo, o maior número de nódulos foi obtido nas maiores doses de Mo, mostrando que estas doses utilizadas não devem ter provocado toxidez (Tabela 3). Gupta (1997), cita que efeitos de toxidez por molibdênio em plantas são raros, embora tais efeitos já foram relatados em feijão (Franco & Dobereiner, 1967), bem como tendência a toxicidade também em feijão em dosagens acima de 800.g.Mo.ha⁻¹ (Jacob Neto, 1985).

A quantidade de massa de nódulos secos encontrada neste trabalho foi semelhante à obtida por (Lacerda et al., 2004) que estudou o efeito de estirpes de rizóbio sobre a nodulação e a produtividade de caupi. Jacob Neto et al., (1981) fazendo uma comparação preliminar de cultivares de caupi quanto a capacidade de nodulação em condições de campo obtiveram até 950 mg de nódulos por planta, (6 vezes mais do que o obtido para o feijão no mesmo experimento), entretanto estes mesmos autores advertem que isso não significa que tenha refletido numa maior atividade da nitrogenase. Brose (1994) também concluiu em seu trabalho que a quantidade massa de nódulos não apresentou correlação com a produção de matéria seca e nitrogênio total no tecido da parte aérea de trevo-branco em solo ácido. Este

fato foi observado também neste trabalho pois no primeiro experimento e na primeira coleta (48 DAG), as doses de Mo empregadas tiveram efeito positivo, tanto no número (Figura 1), como na massa de nódulos secos (Figura 2), porém este fato não refletiu na massa de raiz (Figura 3 e 7), parte aérea (Figura 4 e 8) e nem na produtividade (Tabela 1).

Neste trabalho os maiores valores de massa de nódulos foram, em geral, obtidos com o maior pH 6,5 do solo, o que não era esperado uma vez que já foi relatado na literatura que o aumento de uma unidade de pH aumenta a disponibilidade de Mo em até 100 vezes (Kabata Pendias & Kabata, 1984).

Numa condição de maior disponibilidade de molibdênio espera-se que a resposta à adição deste micronutriente seja menor, o que não foi observado neste trabalho. Jacob Neto & Franco (1989), trabalhando com feijão em casa de vegetação também encontraram efeito da adição de Mo sobre a massa de nódulos secos. Estes mesmos autores obtiveram sempre os maiores valores de massa de nódulos secos no menor pH estudado por eles (4,9).

No segundo experimento não se observou efeito das doses de Mo empregadas na primeira coleta (62 DAG) e também na segunda coleta (73 DAG) para a massa de nódulos secos, entretanto na terceira coleta (87 DAG) que ocorreu por ocasião do enchimento dos grãos, foi observado efeito entre as doses de Mo aplicadas no sulco de plantio e pH 6,5 (Tabela 17) e também com o Mo aplicado via foliar nos dois níveis de pHs estudados (5,5 e 6,5) (Tabela 18). Uma possível explicação para este fato pode estar relacionada com a demanda de Mo pela planta. Foi encontrado por (Jacob Neto & Franco, 1988), que a melhor época de aplicação foliar de Mo em feijão situou-se entre a floração e o enchimento de grãos. Para a soja, também foi encontrado este período como melhor época de aplicação de Mo (Jacob Neto & Franco, 1995). Então uma maior demanda de Mo pelo caupi por ocasião da terceira coleta, onde as plantas estavam no período de enchimento dos grãos, pode ter favorecido para que houvesse diferença estatística entre as doses de Mo empregadas.

Para a característica massa de raiz seca por planta, no primeiro experimento na primeira coleta (Figura 3) e na segunda coleta (Figura 7) não se observou efeito de doses de Mo. No segundo experimento, para esta mesma característica, foi observado efeito na primeira coleta que foi realizada aos 62 DAG (Figura 9), e na terceira coleta que foi realizada aos 87 DAG (Tabelas 19 e 20). A explicação para o fato de não ter ocorrido efeito das doses de Mo no primeiro experimento e ter ocorrido no segundo não é fácil, já que se trata de áreas muito próximas e as doses que foram melhores no segundo experimento também estavam presentes no primeiro. Jacob Neto & Franco (1989), trabalhando com feijão em casa de vegetação, também não encontraram efeito da adição de Mo sobre a massa de raiz seca por planta.

Na terceira coleta realizada no segundo experimento a calagem reduziu a massa de raiz quando foi aplicado a dose de 40 g.Mo.ha^{-1} no sulco de plantio. Este resultado provavelmente é um erro experimental pois nas outras coletas isso não foi observado e já foi descrito na literatura que a calagem promove maior crescimento do sistema radicular do feijoeiro, como demonstram os resultados obtidos por (Vale, 1994).

Não foi encontrado efeito significativo das doses de Mo utilizadas para a característica massa da parte aérea seca por planta em nenhuma das coletas realizadas no primeiro experimento com 48 e 79 DAG (Figura 4 e Figura 8). No segundo experimento houve efeito nas três coletas realizadas 62 DAG (Tabela 7 e 8), 73 DAG (Tabela 15 e 16) e 87 DAG (Tabela 21 e 22) tanto na aplicação de Mo no sulco de plantio como foliar. A explicação para este fato também não é fácil como já foi comentado para a massa de raiz seca. No segundo experimento em todas as três épocas de coleta a aplicação foliar na dose de 40 g.Mo.ha^{-1} foi melhor, indicando que dosagens menores, neste caso, foram suficientes para o suprimento de Mo. Estes resultados diferem de (Chowdhury et al., 1996) que trabalhou com caupi em condições de campo e obteve respostas utilizando doses bem superiores (1 ou 2 kg.Mo.ha^{-1}).

Jacob Neto e Franco (1988), trabalhando com feijão em solução nutritiva também obteve respostas crescentes a adição de Mo para esta característica.

A produtividade obtida neste trabalho foi semelhante a obtida por Vieira (2001) estudando o comportamento de doze cultivares de caupi. Este autor encontrou uma produtividade variando entre 1068 a 2326 kg.ha⁻¹. Estes resultados, no entanto, ainda estão abaixo dos obtidos por (Oliveira et al., 2003) com adição de nitrogênio mineral ao solo, que chegou a obter 3600 kg.ha⁻¹ com esta cultura.

No primeiro experimento não foi observado efeito entre as doses de Mo na produtividade (Tabela 1). Essa ausência de efeito da aplicação das concentrações de molibdênio, na produtividade não era esperada já que existe relato na literatura comprovando o efeito positivo da aplicação desse micronutriente no incremento de produção (Sing et al., 1992; Baldeo et al., 1992; Chowdhury et al., 1996). Esse fato pode ter ocorrido devido a presença desse micronutriente em disponibilidade suficiente no solo utilizado, já que as plantas se desenvolveram bem, aparentemente sem características de deficiência de nitrogênio e as produtividades obtidas estão dentro do esperado para a cultura.

No segundo experimento e no solo com pH 5,5 não se observou efeito das doses de Mo empregadas na aplicação no sulco de plantio (Tabela 23) ou via foliar (Tabela 24) na produtividade. No pH 6,5 foi obtido efeito significativo tanto com aplicação no sulco de plantio (Tabela 23), como com aplicação foliar (Tabela 24). Estes efeitos significativos foram obtidos na menor dosagem aplicada no sulco de plantio 20 g.Mo.ha⁻¹. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por (Vieira et al., 1992) que obtiveram em feijão aumento de até 200% na produtividade através da adição de 20 g.Mo.ha⁻¹.

Outros autores também encontraram respostas a doses menores e Mo como Santos et al., (2000); Coelho et al., (2001); Silva et al., (2003).

Na cultura do caupi, porém, estes resultados não estão de acordo com os obtidos na literatura, onde já se obteve em condições de campo efeito da adição de doses bem superiores a estas. Chowdhury et al., (1996) obtiveram resposta de Mo utilizando até 1 kg.ha⁻¹ em combinação com enxofre. Mn e Mo, sozinhos ou em combinação incrementaram a produção de grão (Baldeo et al., 1992), sendo que o melhor tratamento, neste caso, foi constituído da aplicação de 10 kg.ha⁻¹ de Mn e 1 kg.ha⁻¹ de Mo. Na cultura do feijão também já obtiveram incrementos de produção utilizando dosagens de até 2 kg.Mo.ha⁻¹ (Franco & Day, 1980). A calagem elevou a produção em praticamente todas as doses de Mo estudadas (Tabela 23 e 24), o que já era esperado pois é conhecido que a calagem promove importantes modificações no ambiente radicular e deve-se considera-la como prática mais importante e fundamental para a maioria das culturas, inclusive a do feijoeiro (Araújo et al., 1996).

Os resultados obtidos por diferentes autores levam à conclusão de que se obtém a máxima produtividade de feijão quando o pH do solo encontra-se entre 6,0 e 7,0 (Rosolem, 1987; Moraes, 1988). Este fato foi também comprovado neste trabalho para o caupi quando se compara as produtividades obtidas em pH 5,5 e 6,5, com o Mo aplicado no sulco de plantio (Tabela 23) e foliar (Tabela 24). Na análise para verificar o efeito da forma de aplicação do Mo na produtividade a aplicação no solo foi superior em praticamente todas as doses de Mo utilizadas nos dois pH. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Santos et al., (2000b) que trabalhou com dois experimentos em condições de campo mostrou que a aplicação de Mo na semente foi mais eficiente que a aplicação foliar na cultura da soja. Na cultura de feijão também foi encontrado efeito significativo da adição de Mo na semente por ocasião do plantio (Corrêa et al., 1990), onde a adição no solo (via politização) da semente de 14,7 g.Mo.ha⁻¹ promoveu a maior produção de grãos.

Neste trabalho, em todos os casos, maiores doses de molibdênio resultaram em maiores concentrações desse elemento na semente, indicando que o potencial de acúmulo na semente ainda é superior aos encontrados neste experimento. Não há estudo sobre o nível

crítico de Mo na semente de caupi, mas esse nível crítico já foi determinado no feijoeiro comum como sendo igual a $3,51 \mu\text{g.Mo.semente}^{-1}$ (Jacob Neto & Franco, 1986), e nos nódulos o nível crítico também foi estabelecido como sendo igual a $3,66 \mu\text{g.Mo.nódulo}^{-1}$ seco (Jacob Neto, 1985; Jacob Neto & Franco, 1989), para a soja, essa concentração foi estabelecida em torno de $3,5 \mu\text{g.Mo.semente}^{-1}$ (Jacob Neto et al., 1997), estando sempre entorno de $3,5 \mu\text{g.Mo.semente}^{-1}$ o que provavelmente deve ser um valor aproximado para o caupi. Segundo Flor do Céu (2001) em seu trabalho de Mo em arroz não foi possível determinar o nível crítico deste elemento nas sementes, devido as baixas concentrações neste órgão da planta, indicando uma capacidade de translocação diferente das leguminosas. Para atingir esse valor aproximado (deduzido), de nível crítico para o caupi de $3,5 \mu\text{g.Mo.semente}$, utilizando as equações obtidas quando o molibdênio foi aplicado no sulco de plantio, seriam necessários a aplicação de apenas $7,39 \text{ g}$ de molibdênio por ha quando se realizou a calagem ($Y=0,0187x + 3,3617$). Nas parcelas onde não foi realizada a calagem pH 5,5 seriam necessários a aplicação de apenas $3,89 \text{ g.Mo.ha}^{-1}$ ($Y=0,0085x + 3,4669$), sendo (Y) a concentração de molibdênio na semente e (X) a dosagem do micronutriente a ser aplicada (Figura 12).

A necessidade dessas pequenas quantidades para se atingir este “possível” valor crítico pode estar relacionado a existência desse micronutriente no sulco de plantio em quantidades suficientes para o desenvolvimento da planta. Quando o Mo foi aplicado via foliar o aumento da concentração também foi linear indicando que o potencial de acúmulo deve ser superior aos encontrados neste experimento. Utilizando as equações obtidas com os dados de aplicação foliar, podemos perceber que nas parcelas sem correção da acidez (calagem, pH 5,5) é necessário à aplicação de $116,35 \text{ g.ha}^{-1}$ de molibdênio para atingir a concentração de $3,5 \mu\text{g.Mo.semente}^{-1}$ ($Y=0,0131X + 1,9758$). Nas parcelas onde foi realizada a calagem (pH 6,5) seriam necessários à aplicação de $30,41 \text{ g.Mo.ha}^{-1}$ para atingir o mesmo valor ($Y=0,011X + 3,1655$) (Figura 13).

No solo com pH 6,5, na maioria das dosagens de Mo utilizadas, foi obtido uma maior concentração de Mo na semente com a aplicação deste elemento no solo quando comparado com a aplicação foliar, sendo estatisticamente significativa essa diferença, quando foi utilizada a dose de 1280 g.ha^{-1} (Tabela 28). Estes resultados não eram esperados, pois Jacob Neto (1985) trabalhando com dois solos ácidos, mostrou que a aplicação foliar é mais eficiente em aumentar a concentração de molibdênio na semente que a adição de Mo ao solo. Outros autores também relataram a eficiência da adubação foliar em aumentar a concentração de Mo nas sementes (Weir et al., 1976; Gupta & Macleod, 1978; Gupta, 1979).

5 CONCLUSÕES

Ocorreu grande variação dos parâmetros, massa de nódulo, raiz e parte aérea secas em função da forma de aplicação de Mo e do pH do solo.

A aplicação de molibdênio no solo foi mais eficiente que a aplicação foliar no incremento da produtividade.

A aplicação foliar de molibdênio em pH 6,5 teve efeito negativo na produtividade, pois em todas as dosagens utilizadas ela foi menor que a testemunha.

A calagem influenciou significativamente todos os parâmetros avaliados.

O aumento da concentração de Mo nas sementes foi linear, independente da forma de aplicação e do pH.

Foram obtidas concentrações de 0,45 a 26,93 $\mu\text{g}.\text{Mo}.\text{semente}^{-1}$.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGARWALLA, S. C. & HEWITT, E. J. Molybdenum as a plant nutrient. V. the interrelationships of molybdenum and nitrate supply in the concentration of sugars, nitrate and organic nitrogen in cauliflower plants grown in sand culture. *Journal of Horticulture Science* v. 30, p.163-180, 1955.

ALBINO, U. B & CAMPO, R. J. Efeito de fontes e doses de molibdênio na sobrevivência do Bradyrhizobium e na fixação biológica de nitrogênio em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.3, p.527-534, 2001.

AMANE, M.I.V.; VIEIRA, C.; NOVAIS, R. F.; ARAÚJO, G.A.A. Adubação nitrogenada e molíbdica da cultura do feijão na zona da mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.23, p.643-650, 1999.

ARAÚJO, R. S; RAVA, C. A; STONE, L. F; ZIMMERMANN, M. J. O. Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicapa, Associação Bras. para Pesq. Da Potassa e do Fosfato. **Ed. Potafos**.786p. 1996.

ARNON, D. I.; ICHIOKA, P. S.; WESSEL, G; FUJIWARA, A.; WOOLEY, J. T. molybdenum in relation to nitrogen metabolism. I. Assimilation of nitrate nitrogen by *Scendesmus*. *Physiology Plantarum* v.8, p.538-551, 1955.

ARNON, D.I. & STOUT, P.R. Molybdenum as an essential element for higher plants. **Plant Physiology**, Bethesda, v.14, p.599-602, 1939.

BALDEO, S.; KHANDELWAL, R.B.; BANANI, S. Effects of manganese and molybdenum fertilization with rhizobium inoculation on the yield and protein content of cowpea. **Journal of the Indian Society of Soil Science**, n.40, p. 738-741, 1992.

BARBES, S.A. Molybdenum. In 'Soil Nutrient Bioavailability'. p.338-45. (Wiley: New York), 1984.

BARSHAD, I. Factors affecting the Mo content of pastures plants. I. Nature of soil molybdenum, growth, and soil pH. **Soil Science** 71, p.297-313, 1951.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R.; VALADARES, J. M. A. S. O molibdênio em solos no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., 1975, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1975. p.107-111.

BERGMANN, W. 'Nutrition Disorders of Plants. Visual and Analytical Diagnosis.' (Gustav Fisher Verlag: Jena), 1992.

BEZERRA, A.A. de C. Variabilidade e diversidade genética em caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) precoce, de crescimento determinado e porte ereto e semi-ereto, Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1997. 105p. (**Dissertação de mestrado**).

BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S.; NEVES, M.C.P.; SUHET, A. R.; PERES, J. R. Quantification of the contribution of N₂ fixation to field-grown grain legume: a strategy for

the practical application of the ^{15}N isotope dilution technique. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.22, p.649-655, 1990.

BORTELS, H. Molybdan als katalysator bei der biologischen stickstoffbindung. **Archives of Microbiology**, New York, v.1, p.333-342, 1930.

BRITO, M. P. B. Marcha de absorção do nitrogênio do solo, do fertilizante e da fixação simbiótica em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) determinada usando ^{15}N . Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1992, 197p. (**Dissertação de Mestrado**).

BRODRICK, S.J. & GILLER, K.E. Root nodules of *Phaseolus vulgaris* L: efficient scavengers of molybdenum for N_2 -fixation. **Journal of Experimental Botany**, London, v.42, p.679-686, 1991.

BRODRICK, S. J; SAKALA, M.K; GILLER, K. E. Molybdenum reserves of seed, and growth and N_2 fixation by *Phaseolus vulgaris* L. **Biology and Fertility of Soils**, v13, p.39-44, 1992.

BROSE, E. Seleção de rizóbio para trevo-branco em solo ácido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.2, p.281-285, 1994.

CAIRES, E. F. & ROSOLEM, C. A. Nodulação e absorção de nitrogênio pelo amendoim em resposta à calagem, cobalto e molibdênio. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 2, p.337-341, 2000.

CAMPO, R.J.; ALBINO, U.B.; HUNGRIA, M. Importance of molybdenum and cobalt to the biological nitrogen fixation. In: PEDROSA, F. O.; HUNGRIA, M.; YATES, M. G.; NEWTON, W. E., (Ed.). **Nitrogen Fixation: From molecules to Crop Productivity**, Dordrecht: Kluwer, p.597-598, 2000.

CAPTAN, S.; SANDEEP, S.; VINAY, S.; SINGH, K.; SINGH, S.; SINGH, V. Molybdenum nutrition of cowpea in relation to potassium and molybdenum fertilization. **Indian Journal of Plant Physiology**, n.4, p.227-228, 1999.

COELHO, F.C; FREITAS, S.P; MONERAT, P.H; DORNELLES, M.S. Efeitos sobre a cultura do feijão das adubações com nitrogênio e molibdênio e do manejo de plantas daninhas. **Revista Ceres**, v.48, n.278, p.455-467, 2001.

CORREA, J.R.V; JUNQUEIRA NETO, A; REZENDE, P.M; ANDRADE, L.A.B. Efeitos de Rhizobium, molibdênio e cobalto sobre o feijoeiro comum cv. Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.4, p.513-519, 1990.

CHOWDHURY, M.M.U; ANWAR, M.N; HOQUE, M.S.; HOQUE, A.F.M.E; ISLAM, M.S.; MANNAF, M.A. Response of cowpea to sulphur, boron and molybdenum. **Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research**, v.31, n3, p.37-45, 1996.

DAVIES, E.B. Factors affecting molybdenum availability in soils. **Soil Science**, 81, p.209-216, 1956.

DOBEREINER, J. Biological nitrogen fixation in the tropics: social and economic contribution. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.29, p.771-774, 1997.

EHLERS, J.D. & HALL, A.E. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Field Crops Research**, n.53, p.187-204, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA-CNPQ. Relatório do grupo Caupi/feijão mungo, resultante do International Workshop in **Integrated pest control for grain legumes**. Goiânia – GO, 1983.

FARIA, S.M.; DE-POLLI, H.; FRANCO, A.A. Adesivos para inoculação e revestimento de sementes de leguminosas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, p.169-176, 1985.

FERNANDES, D. M. Efeitos de níveis de molibdênio e calcário na cultura da mamona (*Ricinus communis* L.) cultivar Guaraní. 1996. 72f. (**Tese Doutorado**) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, 1996. Botucatu.

FERREIRA, A. C. B; ARAÚJO, G. A. A.; CARDOSO, A. A; FONTES, P. C. R; VIEIRA, C. Influencia do molibdênio contido na semente e da sua aplicação foliar sobre a composição mineral de folhas e sementes do feijoeiro. **Revista Ceres**, v. 49, n. 284, p.443-452, 2002.

FERREIRA, A.C.B; ARAÚJO, G.A.A; PEREIRA, P.R.G; CARDOSO, A.A. Características agrônomicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientiae Agrícola**, v.58, p.131-138, 2001.

FRANCO, A. A.; DAY, J. M. Effects of lime and molybdenum on nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. in acid soils of Brasil. **Turrialba**, Costa Rica, v.30, p.99-105, 1980.

FRANCO, A.A. & DOBEREINER, J. Especificidade hospedeira na simbiose Rhizobium feijão e influencia de diferentes nutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.2, p.467-474, 1967.

FRANCO, A.A. & MUNNS, D.N. Response of *Phaseolus vulgaris* L. to molybdenum under acid conditions. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.45, p.1144-1148, 1981.

FRANCO, A. A.; PERES, J. R.; NERY, M. The use of Azotobacter paspali nitrogenase (CH₂H₂ reduction activity) to measure molybdenum deficiency in soil. **Plant and Soil**, v.50, p.1-11, 1978.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; BARRETO, P.D.; SANTOS, C.A. Melhoramento genético de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) na região do Nordeste. Embrapa Semi-Árido. **Workshop**, 1998.

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

GAULT, R. R. & BROCKWELL, J. Studies on pelleting as an aid to legume inoculation. 5. Effects of incorporation of molybdenum compounds in the seed pellet on inoculant survival, seedlings nodulation and plant growth of lucerne and subterranean clover. **Australian Journal Experimental Agriculture Animal Husbandry**, East Melbourne, v.20, p.63-71, 1980.

GUPTA, U.C. Boron and molybdenum nutrition of wheat, barley and oats grown in Price Edwards Island soils. **Canadian Journal of Soil Science** v. 51, p.415-422, 1971.

GUPTA, U.C. Effect of methods of application and residual effect of molybdenum on the molybdenum concentration and yield forages on Podzol soil. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.59, p.183-189, 1979.

GUPTA, U.C. Deficient, sufficient, and toxic concentrations of molybdenum in crops. **Molybdenum in Agriculture**. Cambridge: Cambridge University Press, p.150-159, 1997.

GUPTA, U.C.; CIPMAN, E.W.; MACKAY, D.C. Effects of molybdenum and lime on the yield and molybdenum concentration and crop yields on sphagnum peat soils. **Canadian Journal of Plant Science** v.58, p.983-992, 1978.

GUPTA, U.C. & LIPSETT, J. Molybdenum in soils, plants and animals. **Advances in Agronomy**, New York, v.34, p.73-114, 1981.

GUPTA, U.C. & McLEOD, J.A. Response to molybdenum and limestone on wheat and barley grown on podzol soils. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.9, n.9, p.897-904, 1978.

GURLEY, W.M. & GIDDENS, J. Factors affected uptake, yield response, and carry over of molybdenum in soybean seed. **Agronomy Journal**, Madison, v.61, p.7-9, 1969.

HEW, C.S. & CHAI, B.W. Effect of light intensity, nitrate and molybdenum levels on nitrate assimilation in choy sam (*Brassica chinensis*). In: INTERNATIONAL CONGRESS ON SOIL LESS CULTURE, 6. Wageningen. **Proceedings....Wageningen: International Society for Soilless Culture**, 1984. p.255-272, 1984.

HEWINKEL, H.; KYRKBY, E. A.; LE BOT, J.; Marschner, H. Phosphorus enhances molybdenum uptake by tomato plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.15, 1992.

HUNGRIA, M. & NEVES, M.C.P. Ontogenia da fixação biológica em *Phaseolus vulgaris*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v21, p.715-730, 1986.

ISHIZUKA, J. Characteristics of molybdenum absorption and translocation in soybean plants. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v.28, p.63-77, 1982.

JACOB-NETO, J. Variação estacional, concentração nas sementes e níveis críticos de molibdênio nos nódulos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) Itaguaí: UFRJ, 141p. (**Dissertação de Mestrado**), 1985.

JACOB NETO, J.; DIDONET, A. D; DUQUE. Comparação preliminar de cultivares de caupi (*Vigna unguiculata*) e de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) quanto a capacidade de nodulação em condições de campo. **Reunião Anual Nacional de Feijão**, (RENAF), p.309-311, 1981.

JACOB NETO, J. & FRANCO, A.A. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) a molibdênio, zinco e a inoculação em latossolo vermelho escuro no campo. In REUNIÃO LATINO-AMERICANA SOBRE *Rhizobium*, 12., 1984, Campinas-SP. **Resumos...** Campinas-SP: ALAR, 1984. p.123.

JACOB NETO, J. & FRANCO, A.A. Adubação de molibdênio em feijoeiro. Seropédica: EMBRAPA CNPAB, 1986. 4p. (EMBRAPA-CNPAB. **Comunicado Técnico**, 12).

JACOB NETO, J. & FRANCO, A. A. Época de aplicação foliar visando aumentar a concentração de Mo em sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 18., 1988, Guarapari-ES. **Anais...** Guarapari: SBCS, 1988.

JACOB NETO, J. & FRANCO, A.A. Determinação do nível crítico de Mo nos nódulos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L). **Turrialba**, Costa Rica, v.39, p.215-223, 1989.

JACOB NETO, J. & FRANCO, A.A. Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and soybean (*Glycine max* (L.) Merrill): response to molybdenum in tropical soils. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SUSTAINABLE AGRICULTURE FOR THE TROPICS. The role of Biological Nitrogen Fixation. Angra dos Reis: Embrapa-CNPAB, UFRRJ, **Brazilian Academy of Sciences**, v.1, p.1, 1995.

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

JACOB NETO, J.; TAKETA, S.T.; SANTOS, A.V.; FRANCO, A.A. Soybean seed enrichment with molybdenum to supply the plant requirement. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON NITROGEN FIXATION, 11., 1997, Paris. **Proceedings...** Paris: Institute Pasteur, 1997. p.630.

JOHNSON, C.M; ULRICH, A. Analytical methods for use in plant analysis. California Agricultural Experiment Station. **Bulletin** n.766.

JUNQUEIRA NETO, A.; SANTOS, O.S. dos.; AIDAR, O.; VIEIRA, C. Ensaio preliminares sobre a aplicação de molibdênio e de cobalto na cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 24, p.628-633, 1977.

KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Boca Raton: CRC Press, 1984. 315 p.

KAIRNS, A.L.P. & KRITZINGER, J.H. Reduced seed dormancy of wheat caused by molybdenum deficiency. In: **International Symposium on Pre-Harvest Sprouting in Cereals**, v6, Idaho, 1992. Proceedings, Idaho, p.339-344, 1992.

KAPTAN, S.; SANDEEP, S.; VINAY, S.; SINGH, K.; SINGH, S.; SINGH, V. Molybdenum nutrition of cowpea in relation topotassium and molybdenum fertilization. **Indian Journal of Plant Physiology**, v.4, p.227-228, 1999.

KARIMIAN, N. & COX, F.R. Adsorption and exctratability of molybdenum in relation to some chemical properties of soil. **Soil Science Society American Journal**, v.42, 757-761, 1978.

KATO, M.S.A.; PARRY, M.M.; VIELHAUER, K.; CARVALHO, J.G. Concentrações de micronutriente em plantas e grãos de caupi influ SANTOS, C.A.F.; ARAÚJO, F.P enciadas por épocas de semeadura e adubações com NPK. Resumos, **FERTIBIO-2000**, CD-RUM.

LACERDA, A.M; MOREIRA, F. M. S; ANDRADE, M.J.B; SOARES, A.L.L. Efeito de estirpes de rizóbio sobre a nodulação e produtividade do feijão-caupi. **Revista Ceres**, v.51 (293), p.67-82, 2004.

LINDSAY, W.L. Inorganic phase equilibria micronutrients in soils. In '*Micronutrients in Agriculture*'. (Eds JJ Mortved, PM Giordano, and WL Lindsay). **Soil Science Society of America: Madison**. p.41, 1979.

LIMA, V.R.C. Efeitos do fósforo, calagem, cobre e molibdênio sobre a produção de feijão caupi cultivado em Latossolo da região da Ibiapaba, CE. UFC, Fortaleza – CE, 64p. 1997 (**Dissertação de Mestrado**).

MALAVOLTA E., OLIVEIRA, P.C.; VITTI, G. (1997) 'Avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas.' **Ed. Potafos** – Piracicaba/SP.

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2.ed. London: **Academic**, 1995. 889p.

MARTINAZZO, A.F. Potencial de fixação de N₂ em (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) em diferentes condições ambientais. UFRRJ, Itaguaí, 1989. (**Dissertação de Mestrado**).

MARTINS, L.M.V. Características ecológicas e fisiológicas de rizóbios de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) isolados a partir de solos da região Nordeste do Brasil. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 213p. 1996 (**Dissertação de Mestrado**).

MARTINS, L.M.V. Comportamento de estirpes de rizóbio introduzidas como inoculantes para caupi (*Vigna unguiculata*) em solos do semi-árido brasileiro. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 143p. 2003 (**Dissertação de Mestrado**).

MENDEL, R.R. & HANSCH, R. Molybdoenzymes and molybdenum cofactor in plant. **Journal of experimental botany**, v.53, n.375, p.1689-1698, 2002.

MEIRELES, R.C; REIS, L. S; ARAÚJO, E. F; SOARES, A. S; PIRES, A. A; ARAÚJO, G. A. A. Efeito da época e do parcelamento de aplicação de molibdênio, via foliar na qualidade fisiológica das sementes de feijão. **Revista Ceres**, v.50 (292), p.699-707, 2003.

MORAES, J. F. V. Calagem e adubação. In: ZIMMERMMAN, M.J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds.). Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: **Potafos**, p.260-3001, 1988.

MORTVEDT, J.J. Sources and methods for molybdenum fertilization of crops. In: GUPTA, U.C., (Ed). **Molybdenum in Agriculture**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. p.171-181.

MPEPEREKI, S.; WOLLUM, A.G.; MAKONESE, F. Diversity in symbiotic specificity of cowpea rhizobia indigenous to Zimbabwean soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.186, p.167-171, 1996.

NEVES, M.C.P.; URQUIAGA, C.S.S.; PERES, J.R.; SUHET, A.R.; BODDEY, R.H. Aplicação da técnica da diluição isotópica de ^{15}N na quantificação da fixação biológica de N_2 em caupi, soja e amendoim. In: **Anais...** Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 21, Campinas, p.39. 1987.

NICHOLAS, D.J.D. The functions of trace elements in plants. In: NICHOLAS, D.J.D.; EGAN, A.R. (Ed.). **Trace Elements in Soil-Plant-Animal Systems**. New York: Academic Press, 1975. p.181-198.

NOGUEIRA, O.L. Cultura de feijão caupi no Estado do Amazonas. EMBRAPA-UEPAE, **Circular técnica** nº 04, 1981.

OCHIAI, E.I. General principles of Biochemistry of the Elements.' (**Plenum Press**.: New York), 1987.

OLIVEIRA, A.P.de.; SILVA, V.R.F.; ARRUDA, F.P. de.; NASCIMENTO, I.S. do.; ALVES, A.U. Rendimento de feijão-caupi em função de deses e formas de aplicação de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.01, p.77-80, 2003.

PARKER, M.B. & HARRIS, H.B. Yield and leaf nitrogen of nodulating and nonnodulating soybeans as affected by nitrogen and molybdenum. **Agronomy Journal**, Madison, v.69, p.551-554, 1977.

PERES, J.R.; NERY, M.; FRANCO, A. A. Constatação de deficiência de molibdênio em vários solos do Estado do Rio de Janeiro, através de teste microbiológico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., 1975, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1975. p.163-169.

PESSOA, A.C.S. Atividade da nitrogenase e redutase do nitrato e produtividade do feijoeiro em resposta à adubação com molibdênio e fósforo. Viçosa, UFV, 1998, 151p (**Tese de doutorado**).

POLIDORO, J.C. O molibdênio na nutrição nitrogenada e na contribuição da fixação biológica do nitrogênio associada à cultura da cana-de-açúcar. 2001. UFRRJ, Seropédica-RJ, 209p. (**Tese de Doutorado**).

RACHIE, K.O. & ROBERTS, L.M. Grain legumes of the lowland tropics. **Advances in Agronomy**, v.26, p.44-60, 1974.

- RAMOS, D.P.; CASTRO, A.F.; CAMARGO, M.N. Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.8, p.1-7, 1973.
- REISENAUER, H.M. Relative efficiency of seed and soil applied molybdenum fertilizer. **Agronomy Journal**, Madison, v.55, p.459-460, 1963.
- ROBITAILLE, H. Effect of foliar molybdenum sprays on nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L. **Annual Report bean Improvement Cooperative**, Gemena, v.18, p.65, 1975.
- ROSOLEM, C.A. Nutrição e adubação do feijoeiro. Piracicaba; **Potafos**, 93p. 1987.
- SACO, D; ALVAREZ, M; MARTINS, S. Activity of nitrate reductase and the content of proteins in *Nicotiana glauca* grown with various levels of molybdenum. **Journal of Plant Nutrition**, v18, p.1149-1153, 1995.
- SANTOS, C.A.F. & ARAÚJO, F.P. Produtividade e morfologia de genótipos de caupi em diferentes densidades populacionais nos sistemas irrigado e de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35 n.10,p.1977-1984, 2000.
- SANTOS, C.A.F.; ARAÚJO, F.P. & MENEZES, E.A. Comportamento produtivo de caupi em regimes irrigado e de sequeiro em Petrolina e Juazeiro. **Pesq. Agropec. Bras.** V.35, n.11, p.2229-2234, 2000.
- SANTOS, A.B.; VIEIRA, C.; LOURES, R.P.; BRAGA, J.M.; THIEBAUT, J.T.L. Respostas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao molibdênio e ao cobalto em solos de Viçosa e Paula Cândido, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.26, p.92-101, 1979.
- SANTOS, L.P; VIEIRA, C; SEDIYAMA, C.S; SEDIYAMA, T. Adubação nitrogenada e milibídica da cultura da soja em Viçosa e Coimbra, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v.47, n.269, p.33-48, 2000b.
- SELLSCHOP, J.P.F. Cowpeas, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Field crop abstracts**, 15 v.4, p.259-266, 1962.
- SHERRELL, C.G. Effect of molybdenum concentration in the seed on the response of pasture legumes to molybdenum. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v.27, p.417-423, 1984.
- SHAH, V.K.; UGALDE, R.A.; IMPERIAL, J.; BRILL, W.J. Molybdenum in nitrogenase. **Annual Review in Biochemistry** v.53, p.231-257, 1984.
- SILVA, M.V; ANDRADE, M.J.B; MORAES, A.R; ALVES, V.G. Fontes de molibdênio via foliar em duas cultivares de feijoeiro. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v.27, n.1, p.126-133, 2003.
- SILVA, S. M. de S.; MAIA, J.M.; ARAÚJO, Z.B.; FREIRE FILHO, F.R. Composição química de 45 genótipos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp). **Comunicado Técnico** nº149. Embrapa Meio-Norte, Agosto de 2002.

SING, B.; KHANDELWAL, R.B.; BANANI-SING. Effects of manganese and molybdenum fertilization with rhizobium inoculation on the yield and protein content of cowpea. **Journal of the Indian Society of Soil Science**, 40: 4, p.738-741, 1992.

STEELE, W.M. & MEHRA, K.L. Structure, evolution and adaptation to farming systems and environment in Vigna. In: Summerfield, R.J.; Bunting, A.H. (Eds). **Advances in legumes science**. England: Univ. of Reading, 1980, p. 393-404.

STEINBERG, R.A. Relation of accessory growth substances to heavy metals, including molybdenum, in the nutrition of *Aspergillus niger*. **Journal Agriculture Research** v.52, p.439-448, 1936.

STEINBERG, R.A. Role of molybdenum in the utilization of ammonium and nitrate nitrogen by *Aspergillus niger*. **Journal Agriculture Research** v.55, p.891-902, 1937.

TEIXEIRA, S.M; MAY, P.H; SANTANA, A.C. Produção e importância econômica do caupi no Brasil. In: ARAÚJO, J.P.P; WATT, E.E. O caupi no Brasil. Brasília: **International Institute of Tropical Agriculture/Embrapa**, p.99-136, 1988.

TONG, Z. & SADOWSKY, M.J. A selective medium for the isolation and quantification of *Bradyrhizobium japonicum* and *Bradyrhizobium elkanii* strains from soils and inoculants. **Applied and environmental microbiology**, Washington, v.60, n.2, p. 581-585, 1994.

VALE, L.S.R. Doses de calcário, desenvolvimento da planta, componentes de produção, produtividade de grãos e absorção de nutrientes de dois cultivares de feijão, Botucatu, 71p. (**Dissertação Mestrado**) – Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, 1994.

VIEIRA, R.F. Comportamento de cultivares de caupi do tipo fradinho em Leopoldina, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v.48, n.280, p.729-733, 2001.

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

VIEIRA, R.F.; CARDOSO, E.J.B.N.; VIEIRA, C.; CASSINI, S.T.A. Foliar application of molybdenum in common beans. I. Nitrogenase and reductase activities in a soil of high fertility. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.21, n.1, p.169-180, 1998a.

VIJAYA, A. & PONNUSWAMY, A.S. Effect of seed fortification with micronutrients on seed quality in black gram and cowpea. **Madras Agricultural Journal**. v.84, p.37-45, 1996.

VINAY, S. & SINGH, V. Effect of copper and molybdenum on dry matter yield and nutrition of cowpea. **Annals of Agricultural Research**. v.17, (3), p.313-315, 1996.

VOS, R.D. 'Corn. **Nutrient Deficiencies and Toxicities in Plants.**' (APS Press: St Paul) (1993).

WANI, S.P.; RUPELA, O.P.; LEE, K.K. Sustainable agriculture in the semi-arid tropics through biological nitrogen in grain legumes. **Plant and Soil**. v.174, p.29-49, 1995.

WEIR, R.G.; NAGLE, R.K.; NOONAN, F.B.; TOWNER, A.G.W. The effect of foliar and soil applied Mo treatment on the molybdenum concentration of maize grain. **Australian Journal Experimental Agriculture Animal Husbandry**, East Melbourne, v.16, p.761-764, 1976.

ZILLI, J.E. Caracterização e seleção de estirpes de rizóbio para inoculação de caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) em áreas de cerrado. UFRRJ, Seropédica – RJ, 2001, 110p. **(Dissertação de Mestrado)**.

ZILLI, J.E.; FERREIRA, E.P.B.; NEVES, M.C.P.; RUMJANEK, N.G. Efficiency of fast-growing rhizobia capable of nodulating cowpea. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, Rio de Janeiro, v.71, p.553-560, 1999.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.