



**Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

WESLANY SILVA ROCHA

**INOCULAÇÃO E DOSES DE FÓSFORO EM FEIJÃO CAUPI NO
SUL DO ESTADO DO TOCANTINS**

**GURUPI – TO
2016**



**Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

WESLANY SILVA ROCHA

**INOCULAÇÃO E DOSES DE FÓSFORO EM FEIJÃO CAUPI NO SUL DO ESTADO DO
TOCANTINS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. D Sc. Manoel Mota dos Santos

**GURUPI - TO
2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

R672i Rocha, Weslany Silva.

Inoculação e doses de fósforo em feijão caupi no sul do Estado do Tocantins. / Weslany Silva Rocha. – Gurupi, TO, 2016.

56 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Produção Vegetal, 2016.

Orientador: Manoel Mota dos Santos

1. Vigna unguiculata. 2. Nutrientes. 3. Produtividade. 4. Rizóbio. I. Título

CDD 635

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

Ata nº 03/2016

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE WESLANY SILVA ROCHA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS.

Aos 22 dias do mês de fevereiro do ano de 2016, às 14 horas, na Sala 15 do Bloco II, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Orientador D Sc. Manoel Mota dos Santos do Campus Universitário de Gurupi / Universidade Federal do Tocantins, Prof. D Sc. Hélio Bandeira Barros do Campus Universitário de Gurupi / Universidade Federal do Tocantins, Prof. D Sc. Rodrigo Ribeiro Fidelis do Campus Universitário de Gurupi / Universidade Federal do Tocantins, e Prof. Dr Aloisio Freitas Chagas Júnior do Campus Universitário de Gurupi / Universidade Federal do Tocantins, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de WESLANY SILVA ROCHA, intitulada "INOCULAÇÃO E DOSES DE FÓSFORO EM FEIJÃO CAUPI NO SUL DO ESTADO DO TOCANTINS". Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo parecer FAVORÁVEL à aprovação, habilitando-a ao título de Mestre em Produção Vegetal. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Dr. Aloisio Freitas Chagas Júnior
Primeiro examinador

D Sc. Hélio Bandeira Barros
Segundo examinador

D Sc. Rodrigo Ribeiro Fidelis
Terceiro examinador

D Sc. Manoel Mota dos Santos
Universidade Federal do Tocantins
Orientador e presidente da banca examinadora

Gurupi, 22 de fevereiro de 2016.

D Sc. Rodrigo Ribeiro Fidelis
Coordenador do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal

DEDICO

Dedico este trabalho a minha família, principalmente a meu esposo amado, Claudio, meu conforto e sossego nos dias de dificuldades. Dedico a minha filha Ágatha que desde o início da minha gravidez sempre foi o estímulo para levantar todos os dias e continuar lutando, sempre! Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

A DEUS pela graça de viver, e poder me superar a cada dia.

A Fundação Universidade Federal do Tocantins, em especial ao Campus Universitário de Gurupi, pela oportunidade de realização deste Curso.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores do curso de mestrado em produção vegetal e em especial a banca avaliadora pela contribuição nesta pesquisa.

A todos os professores da UFT, pela capacidade de ensinar, não só para a profissão... Mas também para a vida! Em especial ao professor Manoel Mota dos Santos, por me orientar nesta jornada e pela paciência e generosidade como pessoa. Obrigada por tudo!

A minha família querida por me entender e aceitar esse ritmo de vida corrida que eu levo, a minha mãe Nivaldina Rocha Gonçalves, que sempre me apoiou.

Ao meu marido Cláudio Pereira Tavares, pelo apoio, compreensão, paciência, entusiasmo, força, por nunca me deixar desanimar ou desistir, por ser a denotação da palavra companheiro. Te amo!

Aos meus amigos da UFT que conquistei Marcella Vidica, Adriano Mendes, Tiago Alves, Poliana.

Ao grupo de estudos fitotécnicos (NEF) pela parceria nos trabalhos, em especial aos queridos Ana Paula, Marcelo, Tania Sakai, enfim todos que de alguma força fizeram o fardo ficar mais leve.

RESUMO DA DISSERTAÇÃO

ROCHA, Weslany Silva, M Sc. Universidade Federal do Tocantins, fevereiro de 2016. **Inoculação e doses de fósforo em feijão caupi no sul do Estado do Tocantins.** Orientador: D Sc. Manoel Mota dos Santos.

O feijão-caupi, através da simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, pode obter N através do processo de fixação biológica do N₂ (FBN), que é uma das formas de incrementar a produtividade de leguminosas, evitando-se custos com adubos nitrogenados solúveis. As deficiências nutricionais podem interferir na FBN, pois o fósforo, deficiente na maioria dos solos tropicais, tem efeito marcante sobre a atividade da nitrogenase. Com isto objetivou-se com este trabalho avaliar as doses de fósforo na cultura do feijão caupi em condições de casa de vegetação e em campo de cultivo com e sem o uso de inoculante. Os experimentos foram conduzidos, no ano agrícola 2014/15 na Universidade Federal do Tocantins, com a variedade de feijão caupi BRS Nova Era. Para a avaliação promoveu-se a inoculação de uma estirpe padrão já recomendada para a cultura do feijão caupi. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial (2x6) sendo o primeiro fator (Com e sem inoculação) e o segundo fator seis doses de fósforo (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅), totalizando 12 tratamentos, com três repetições em casa de vegetação e em blocos casualizados com quatro repetições em campo, safra 2014/15. As características avaliadas em casa de vegetação foram Massa Seca da Parte Aérea, Massa Seca das Raízes, Número de Nódulos, Massa Seca dos Nódulos e Acúmulo de fósforo na parte aérea. As características avaliadas em campo foram Florescimento, Clorofila total, Massa Seca das Raízes, Número de Nódulos, Massa Seca dos Nódulos, Massa Seca da Parte Aérea, peso de cem sementes, produtividade e Acúmulo de fósforo na parte aérea. A aplicação de fósforo juntamente com a inoculação proporcionou o acréscimo na massa seca da raiz da cultivar de feijão-caupi Nova Era. A dose de fósforo com inoculante que propiciou a máxima produção de massa seca parte aérea, massa seca da raiz e acúmulo de fósforo na parte aérea foi de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, em casa de vegetação. A adubação fosfatada teve influência positiva nas variáveis: número de nódulos e produtividade de grãos de feijão caupi para a região de Gurupi - TO; para as variáveis de número de nódulos e produtividade do feijão-caupi cv BRS Nova Era, observaram um melhor ajuste da equação linear, o que demonstra potencial de resposta pela cultura à adubação fosfatada.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*; nutrientes; produtividade; rizóbio.

ABSTRACT OF DISSERTATION

ROCHA, Weslany Silva, M Sc. Federal University of Tocantins, February 2016. **Inoculation and doses of phosphorus in cowpea in the South of the State of Tocantins.** Advisor: D Sc. Manoel Mota dos Santos.

The cowpea through symbiosis with the bacteria of the genus *Bradyrhizobium* can obtain N through the process of biological nitrogen fixation (BNF) that is one way to increase legumes productivity avoiding costs with soluble nitrogen fertilizers. Nutritional deficiencies can interfere on the BNF, because most of the tropical soils are deficient in phosphorus and phosphorus has effect on nitrogenase activity. This study aimed to evaluate phosphorus doses in cowpea under greenhouse and field conditions, with and without inoculants. The experiments were conducted during 2014/15 crop year at Federal University of Tocantins with the variety of cowpea BRS Nova Era. The inoculation with a standard strain already recommended for cowpea was done for posterior evaluation. An experimental design of randomized blocks in a 2 x 6 factorial arrangement was used, being the first factor (with and without inoculant) and the second factor six doses of phosphorus (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅), totalizing 12 treatments with three repetitions in greenhouse and a randomized blocks with four repetitions in the field, crop 2014/15. The characteristics evaluated in greenhouse conditions were: shoot dry mass, root dry mass, nodule number and dry mass and phosphorus accumulation in the shoot. The characteristics evaluated in field conditions were: flowering, total chlorophyll, root dry mass, nodule number, nodule dry mass, shoot dry mass, one hundred seeds weigh, productivity and phosphorus accumulation in the shoot. Inoculation and phosphorus application together increased root dry mass in the cowpea cultivar Nova Era. The dose of phosphorus with inoculant that reached the maximum production of shoot dry mass, root dry mass and phosphorus accumulation in the shoot was 150 kg ha⁻¹ of P₂O₅, in the greenhouse. Phosphorus fertilization had a positive influence on the variables: nodule number and productivity of cowpea grains for the region of Gurupi-TO; for the variables of nodule number and productivity of cowpea, cv BRS Nova Era, was observed a better adjustment of linear equation that shows potential response of the culture to phosphorus fertilization.

Keywords: *Vigna unguiculata*; nutrients; productivity; rhizobium.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	12
OBJETIVO GERAL	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
RESUMO - Capítulo 1	17
ABSTRACT – Chapter 1	18
1 INTRODUÇÃO	19
2 MATERIAL E MÉTODOS	21
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4 CONCLUSÕES	30
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
RESUMO – Capítulo 2	33
ABSTRACT – Chapter 2	34
1 INTRODUÇÃO	35
2 MATERIAL E MÉTODOS	37
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4 CONCLUSÕES	51
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1 - Resumo da análise de variância das características massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), número de nódulos (N NOD), massa seca dos nódulos (MSN), acúmulo de fósforo na parte aérea (APPA) de feijão-caupi, submetidos a seis doses de fósforo com e sem inoculação. Gurupi – Tocantins, 2014.

Capítulo 2

Tabela 1 - Resumo da análise de variância das características florescimento (FLOR), clorofila total (CLOR), massa seca da raiz (MSR), número de nódulos (N NOD), massa seca dos nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA), peso de cem sementes (P100), produtividade (PROD) e acúmulo de fósforo na parte aérea (APPA) de feijão-caupi, submetidos a seis doses de fósforo com e sem inoculação. Gurupi – Tocantins, safra 2014/2015.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1. Massa seca da parte aérea, em função da interação das doses de fósforo com e sem inoculante, Gurupi- TO, 2014.

Figura 2. Massa seca da raiz, em função da interação das doses de fósforo com e sem inoculante, Gurupi- TO, 2014.

Figura 3. Número de nódulos, em função da interação das doses de fósforo com e sem inoculante, Gurupi- TO, 2014.

Figura 4. Massa seca dos nódulos, em função da interação das doses de fósforo com e sem inoculante, Gurupi- TO, 2014.

Figura 5. Acúmulo de fósforo na parte aérea, em função da interação das doses de fósforo com e sem inoculante, Gurupi- TO, 2014.

Capítulo 2

Figura 1. Temperatura média, umidade e precipitação, medidas a cada sete dias, no período da realização do experimento, no ano agrícola 2014/15, no município de Gurupi- TO.

Figura 2. Massa seca raiz, em função da interação das doses de fósforo com e sem inoculante, Gurupi- TO, safra 2014/ 2015.

Figura 3. Número de nódulos, em função da interação das doses de fósforo com e sem inoculante, Gurupi- TO, safra 2014/ 2015.

Figura 4. Peso de cem grãos, em função da interação das doses de fósforo com e sem inoculante, Gurupi- TO, safra 2014/ 2015.

Figura 5. Produtividade de feijão caupi BRS Nova Era, em função da interação das doses de fósforo com e sem inoculante, Gurupi- TO, safra 2014/ 2015.

Figura 6. Florescimento de feijão caupi BRS Nova Era, em função das doses de fósforo, Gurupi- TO, safra 2014/ 2015.

Figura 7. Clorofila de feijão caupi BRS Nova Era, em função das doses de fósforo, Gurupi- TO, safra 2014/ 2015.

Figura 8. Massa seca da parte aérea de feijão caupi BRS Nova Era, em função das doses de fósforo, Gurupi- TO, safra 2014/ 2015.

INTRODUÇÃO GERAL

A cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é extremamente rústica, tolerante a altas temperaturas, à seca e com boas condições para adaptação e expansão das áreas exploradas. Apesar de ser considerada uma cultura de subsistência, assume expressiva importância sócio econômica no cenário da agricultura no Norte e Nordeste, constituindo-se na principal fonte de proteína para alimentação humana, apresentando grande variabilidade entre as cultivares (BERTINE et al., 2009).

O feijão-caupi, através da simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, pode obter N pelo processo de fixação biológica do N₂ (FBN) que, segundo Franco et al. (2002), é uma das formas de incrementar a produtividade de leguminosas, evitando-se custos com adubos nitrogenados solúveis. A FBN é reconhecidamente eficiente em feijão-caupi e, quando bem nodulado, pode atingir altos níveis de produtividade (RUMJANEK et al., 2005).

Entretanto, a produtividade média (350 kg ha⁻¹) nas regiões Norte e Nordeste do Brasil são baixas e estão relacionadas às condições edáficas, irregularidades das chuvas, no suprimento inadequado de água no cultivo irrigado, manejo fitossanitário e ao uso de sistemas de produção de baixo nível tecnológico, com adubações inadequadas (FREIRE FILHO et al., 2005).

Na região Amazônica, pesquisas têm mostrado resultados positivos para o aumento da produtividade de grãos com a inoculação de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* nas sementes de feijão-caupi (ZILLI et al., 2008; ZILLI et al., 2009).

No Norte, o Tocantins possui uma área de plantio de feijão-caupi, em torno de 15,3 mil hectares e produção anual de 13,2 mil toneladas e estimativa de produtividades de 862 kg ha⁻¹ no plantio de segunda safra de 2014/15 (CONAB, 2015).

A produtividade desta cultura poderia ser aumentada pelo uso de inoculantes de rizóbios eficientes, suprindo as necessidades de nitrogênio da planta (SILVA et al., 2006; ZILLI et al., 2009), baixando os custos de produção e elevando a renda do produtor. Em experimentos conduzidos em condições de campo, mostraram-se aumentos nos rendimentos de grãos em tratamentos inoculados com estirpes de rizóbio selecionados (MARTINS et al., 2003; ZILLI et al., 2006).

Esse processo (FBN) é importante para garantir a sustentabilidade dos sistemas naturais, além de reduzir os custos de produção e diminuir as perdas de nitrogênio por lixiviação e volatilização (MARTINS et al., 2013). A fixação biológica de nitrogênio pode ser uma alternativa importante para a substituição parcial ou total dos adubos nitrogenados.

Porém, a eficiência do processo de fixação do N_2 é dependente da disponibilidade de P devido a sua participação no processo simbiótico (BURITY et al., 2000). Vários trabalhos já verificaram o efeito da adubação fosfatada sobre o crescimento e nodulação em leguminosas herbáceas (BURITY et al., 2000; SILVA & VAHL, 2002). Dentre as fontes de P solúvel existentes, o superfosfato simples é o mais utilizado (LANA et al., 2004) e, em solos altamente intemperizados, são aplicadas doses altas, devido ao processo de adsorção aos argilominerais e óxidos de ferro e alumínio. Tem a vantagem de também adicionar enxofre (S) para o solo e, conseqüentemente, suprir as necessidades das plantas com este elemento.

Em função da presença de óxidos e hidróxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al) em elevadas proporções na fração argila, esses solos representam um grande dreno de P. fazendo com que as quantidades aplicadas desse nutriente sejam várias vezes maiores do que aquelas requeridas pelas culturas (FURTINI NETO et al., 2001). O P representa um dos chamados elementos ricos em energia, sendo o exemplo mais comum o ATP (adenosina trifosfato), que é utilizado em todas as reações endergônicas, ou seja, que necessitam de energia (SANTINATO et al., 1998). Desempenha também papel importante na fotossíntese, na respiração, no metabolismo de açúcares, na divisão celular, no alargamento das células e na transferência da informação genética. Seu suprimento adequado promove o uso mais eficiente da água e, conseqüentemente, dos outros nutrientes (GUIMARÃES et al., 2011). É ainda componente de muitas proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos e substratos metabólicos (DECHEN; NACHTIGALL, 2007). Sendo, portanto imprescindível ao crescimento e reprodução das plantas (MARSCHNER, 1995).

Dentro das alternativas agrônômicas que apresentam incidência direta na produtividade de grãos de feijão caupi, a inoculação com rizóbio é muito importante, pois influencia diretamente nas características morfofisiológicas, nos componentes de produção e no rendimento dessa leguminosa.

A Universidade Federal do Tocantins – UFT, Campus de Gurupi, é uma das Instituições de pesquisa que busca avaliar esta cultura, bem como fazer uso das condições adequadas de solo e clima encontradas na região de Gurupi- TO, para o desenvolvimento dessa cultura, e ainda proporcionar ao agricultor, informações relevantes para alcançarem o sucesso em suas lavouras, com a utilização das melhores técnicas agrônômicas, comprovadas cientificamente.

Este trabalho de dissertação foi dividido em dois capítulos, para melhor entendimento do leitor. Sendo que o capítulo 1 refere-se sobre o desempenho agrônômico da cultivar BRS Nova Era, com e sem inoculação em função de doses de Fósforo em casa de vegetação. O

capítulo 2 procurou avaliar o desempenho agrônômico da cultivar BRS Nova Era, com e sem inoculação em função de doses de Fósforo em campo na safra 2014/2015.

OBJETIVO GERAL

Avaliar o desenvolvimento da cultivar de feijão caupi BRS Nova Era em função de doses de adubação fosfatada com inoculação, no sul do Estado do Tocantins.

Obter respostas às doses de fósforo com inoculação aplicadas para o máximo rendimento da cultura do feijão caupi para as condições edafoclimáticas da região de Gurupi, no Estado do Tocantins.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTINI, C. H. C. M.; TEÓFILO, E. M.; DIAS, F. T. C. Divergência genética entre acessos de feijão caupi do banco de germoplasma da UFC. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n. 01, p. 99-105, 2009.

BURITY, H. A.; LYRA, M. C. C. P.; SOUZA, E. S. Efetividade da inoculação com rizóbio e fungos micorrízicos arbusculares em mudas de sabiá submetidas a diferentes níveis de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 801-807, 2000.

Companhia Nacional de Abastecimento- CONAB. **Monitoramento Agrícola Cultivos de verão, 2ª safra e de inverno – Safra 2014/15. Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 2 - Safra 2014/15, n. 9 - Nono levantamento, Brasília, p. 1-104, 2015.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 519 p. 2005.

FRANCO, M. C.; CASSINI, S.T. A.; OLIVEIRA, V. R.; VIEIRA, C.; TSAI, S.M. Nodulation in Andean and Mesoamerican cultivars of dry bean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 1145-1150, 2002.

LANA, R. M. Q.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LUZ, J. M. Q.; SILVA, J. C. Produção da alface em função do uso de diferentes fontes de fósforo em solo de Cerrado. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 525-528, 2004.

MARTINS, L. V. M.; XAVIER, G. R.; RANGEL, F. W.; RIBEIRO, J. R. A.; NEVES, M. C. P.; MORGADO, L. B.; RUMJANEK, N. G. Contribution of biological nitrogen fixation to cowpea: a strategy for improving grain yield in the semi-arid region of Brazil. **Biology and Fertility of Soil**, v. 38, p. 333-339, 2003.

MARTINS, R.N.L.; NÓBREGA, R.S.A.; SILVA, A.F.T.; NÓBREGA, J.C.A.; AMARAL, F.H.C.; COSTA, E.M.; LUSTOSA FILHO, J.F.; MARTINS, L.V. Nitrogênio e micronutrientes na produção de grãos de feijão-caupi inoculado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1577-1586, 2013.

RUMJANEK, N. G.; MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R.; NEVES, M. C. P. **Fixação biológica do nitrogênio**. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds.) **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa, p. 281-335. 2005.

SILVA, R. J. S.; VAHL, L. C. Resposta do feijoeiro à adubação fosfatada num Neossolo Litólico distrófico da região sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 8, p. 129-132, 2002.

SILVA, V. N.; SILVA, L. E. S. F.; FIGUEIREDO, V. B. Atuação de rizóbio com rizobactéria promotora de crescimento em plantas na cultura do caupi (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 03, p. 407-412, 2006.

ZILLI, J.É.; VALICHESKI, R.R.; RUMJANEK, N.G.; SIMÕES-ARAÚJO, J.L.; FREIRE FILHO, F.R.; NEVES, M.C.P. Eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* isoladas

de solo do Cerrado em caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.5, p.811-818, 2006.

ZILLI, J.É.; XAVIER, G.R.; RUMJANEK, N.G. **BR 3262: Nova estirpe de *Bradyrhizobium* para a inoculação de feijão-caupi em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 7p. (Embrapa Roraima. Comunicado técnico, 10). 2008.

ZILLI, J. É.; MARSON, L.C.; MARSON, B.F.; RUMJANEK, N.G.; XAVIER, G.R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 04, p. 749-758, 2009.

RESUMO - Capítulo 1

ROCHA, Weslany Silva, M Sc. Universidade Federal do Tocantins, fevereiro de 2016. **Inoculação e doses de fósforo em feijão caupi no sul do Estado do Tocantins em casa de vegetação.** Orientador: D Sc. Manoel Mota dos Santos.

Pesquisas envolvendo a avaliação da produção de biomassa de feijão-caupi, assim como a influência de diferentes doses de adubações, além de escassos tornam-se imprescindíveis na avaliação do potencial simbiótico do rizóbio quando inoculado nesta cultura possibilitando recomendações regionalizadas que possam subsidiar o manejo da cultura. Com isto objetivou-se com este trabalho avaliar as doses de fósforo na cultura do feijão caupi em condições de casa de vegetação com e sem o uso de inoculante. O experimento foi conduzido, no ano 2014 na área experimental do campus de Gurupi pertencente à Universidade Federal do Tocantins, com a variedade BRS Nova Era. Para a avaliação promoveu-se a inoculação de uma estirpe padrão INPA 03-11B já recomendada para a cultura do feijão caupi. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial (2x6) sendo o primeiro fator (Com e sem inoculação) e o segundo fator seis doses de fósforo (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅), totalizando 12 tratamentos, com três repetições em casa de vegetação. As características avaliadas em casa de vegetação foram massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, número de nódulos, massa seca dos nódulos e acúmulo de fósforo na parte aérea. A aplicação de fósforo juntamente com a inoculação proporcionou o acréscimo na massa seca da raiz da cultivar de feijão-caupi Nova Era. A dose de fósforo que propiciou a máxima produção de massa seca parte aérea, massa seca da raiz e acúmulo de fósforo na parte aérea foi de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com inoculante.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*; simbiose, P₂O₅.

ABSTRACT - Chapter 1

ROCHA, Weslany Silva, M Sc. Federal University of Tocantins, February 2016. **Inoculation and doses of phosphorus in cowpea in the South of the State of Tocantins in greenhouse**
Advisor: D Sc. Manoel Mota dos Santos.

Researches involving the evaluation of biomass production of cowpea, as the influence of different doses of fertilization are few and became indispensable in the evaluation of symbiotic potential of the rhizobia when inoculated in this culture making possible local recommendations that can subsidize the culture management. The aim of this study was to evaluate the phosphorus doses in cowpea under greenhouse conditions with and without inoculant. The experiment was conducted in 2014 in the experimental area of the Federal University of Tocantins, campus Gurupi-TO, with the variety BRS Nova Era. Inoculation with standard strain (INPA 03-11B) already recommended for cowpea was done to posterior evaluation. An experimental design of randomized blocks in a 2 x 6 factorial arrangement was used, being the first factor (with and without inoculant) and the second factor six doses of phosphorus (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅), totalizing 12 treatments with three repetitions in greenhouse. The characteristics evaluated in greenhouse conditions were: shoot dry mass, root dry mass, nodule number and dry mass and phosphorus accumulation in the shoot. Inoculation and phosphorus application together increased root dry mass in the cowpea cultivar Nova Era. The dose of phosphorus with inoculant that reached the maximum production of shoot dry mass, root dry mass and phosphorus accumulation in the shoot was 150 kg ha⁻¹ of P₂O₅.

Keywords: *Vigna unguiculata*; symbiosis, P₂O₅.

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi, (*Vigna unguiculata* (L). Walp.) também conhecido como feijão-de-corda e feijão macassar, é cultivado principalmente nas regiões Norte e Nordeste, constituindo-se em um dos mais importantes componentes da dieta alimentar, especialmente da população rural, alcançando importância social e econômica (FREIRE FILHO et al., 2005).

As leguminosas são capazes de fixar quantidades de N que contribuem na melhoria da fertilidade do solo e no aumento da produção (BENÍCIO et al., 2011), o que pode reduzir os problemas causados pela falta de N.

A FBN é um processo natural no qual, bactérias conhecidas como rizóbios, além de outros micro-organismos procariotos, são capazes de captar nitrogênio do ar, transformando-o em amônia, uma forma prontamente assimilável quando associados a plantas da família Leguminosa, e capaz de contribuir para o desenvolvimento de espécies cultivadas desta família (SILVA et al., 2004; RUMJANEK et al., 2006).

Entretanto, a nodulação e a FBN são influenciadas por fatores edafoclimáticos que podem trazer benefícios ou prejuízos ao processo. A disponibilidade de nutrientes está entre os principais fatores que influenciam a FBN e, dentre os principais nutrientes que influenciam tal processo, cita-se o fósforo (P). Apesar de extraído em menor quantidade do que outros macronutrientes, o P é considerado o principal fator limitante da produção da cultura (FREIRE FILHO et al., 2005), sendo ainda importante para o estabelecimento de nodulação, pois aumenta o número de pelos radiculares proporcionando mais sítios de infecção para as bactérias fixadoras de N₂ (OKELEYE e OKELANA, 1997).

A eficiência do processo de fixação do N₂ é dependente da disponibilidade de P devido a sua participação no processo simbiótico (BURITY et al., 2000).

Dentre as fontes de P solúvel existentes, o superfosfato simples (SFS) é um dos mais utilizados (LANA et al., 2004) e, em solos altamente intemperizados, são aplicadas doses altas, devido ao processo de adsorção aos argilominerais e óxidos de ferro e alumínio. O SFS tem a vantagem de também adicionar enxofre (S) para o solo e, conseqüentemente, suprir as necessidades das plantas com este elemento (SILVA et al., 2010).

Para Larcher (2000), a deficiência de fosfato resulta em uma acumulação de assimilado (sacarose e amido) no cloroplasto, deprimindo a fotossíntese até mesmo sob condições favoráveis. Por outro lado, altos teores de fósforo no solo podem produzir efeitos antagônicos, induzindo à deficiência de zinco.

Além disso, o P promove o aumento da produção de matéria seca da parte aérea, incremento do número de vagens e massa de grãos (FAGERIA et al., 2003). A adubação fosfatada também aumenta o teor e acúmulo de P na matéria seca da parte aérea e nos grãos (FONSECA et al., 2010).

Contudo, no Tocantins, o uso de inoculantes na cultura do feijão-caupi ainda é muito limitado, necessitando ainda de estudos de avaliação da FBN nesta cultura e da eficiência agronômica das estirpes de rizóbio nas condições de casa de vegetação no clima e solo da região de Gurupi- TO.

Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho avaliar inoculação e doses de fósforo no feijão caupi em casa de vegetação, no sul do estado do Tocantins.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido, no ano agrícola 2014/15 na Estação Experimental de Gurupi, em casa de vegetação, pertencente à Universidade Federal do Tocantins, situada no município de Gurupi, Estado do Tocantins, caracterizada pelas coordenadas geográficas 11° 46' 25.9'' de latitude sul e 49° 03' 06'' de longitude oeste, numa altitude de 293 m, em solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 2013).

A análise química e granulométrica do solo, na camada de 0-20 cm, foi realizada na área experimental aproximadamente 30 dias antes do plantio, sendo pH em CaCl₂: 5,1; H+Al: 3,40 cmol_c dm⁻³; Ca: 2,2 cmol_c dm⁻³; Mg: 0,7 cmol_c dm⁻³; K: 0,10 cmol_c dm⁻³; S: 2 mg dm⁻³; P (*mehlich* I): 0,5 mg dm⁻³; CTC: 6,40 cmol_c dm⁻³; V%: 47; Matéria Orgânica: 2,4 dag kg⁻¹; argila: 285 g kg⁻¹; silte 37 g kg⁻¹; areia 678 g kg⁻¹. Não houve correção do solo, devido o curto período de avaliação do feijão caupi (época de florescimento mais ou menos 45 DAE), não seria suficiente para o processo de solubilização e absorção de Ca e Mg e ainda correção do solo, que poderiam influenciar no resultados obtidos posteriormente.

No trabalho foi utilizado a cultivar BRS Nova Era, que possui hábito de crescimento indeterminado, porte semi - ereto, ciclo de 65 - 70 dias e cor da flor branca. Essa cultivar também é muito utilizada por produtores, na região de Gurupi - TO, por obter características agronômicas favoráveis, como boa adaptação as condições edafoclimáticas da região, e aceitação no mercado (EMBRAPA, 2007).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial (2x6) sendo o primeiro fator (Com e sem inoculação) e o segundo fator seis doses de fósforo (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅), totalizando 12 tratamentos, com três repetições. Neste foi fornecido também adubação complementar de 60 kg ha⁻¹ K₂O fonte cloreto de potássio e 20 kg ha⁻¹ de N com fonte ureia no plantio. As referidas doses de fósforo foram calculadas de acordo com o volume de solo (4L) por vaso.

Promoveu-se a inoculação de uma estirpe padrão (INPA 03 11B), do gênero *Bradyrhizobium Japonicum* já recomendada para a cultura do feijão caupi. As estirpes foram isoladas em meio YMA (VICENT, 1970) e mantidas sob refrigeração (a 4 °C).

Foram utilizados vasos para a semeadura de cinco sementes por vaso, sendo estes com capacidade de 4 L (0,004 m³) de solo. O preparo dos vasos com solo de uma área com histórico de cultivo de pastagem, onde nunca se promoveu inoculação antes, consistiu em peneirar o solo (peneira 4 mm de malha) e fazer um tratamento para esterilização de microrganismo em autoclave por 1 hora, a pressão de 1,5 kg cm⁻² a 127 °C. O tratamento de

sementes foi realizado utilizando inseticida com o princípio ativo Tiametoxam, grupo químico dos neonicotinóides e com recomendações para a cultura de 200 a 300 ml para 100 kg sementes. E o fungicida com o princípio ativo Tiofanato metílico+fluazinam, pertencente aos grupos químicos Benzimidazol (precursor de Tiofanato-Metílico) e Fenilpiridinilamina (precursor de Fluazinam), com recomendações para a cultura de 145 a 180 ml para 100 kg de sementes. A semeadura foi manual com cinco sementes por vaso, com inoculação de 100 ml de solução de NaCl a 0,2%, com concentração de 10^8 células ml^{-1} , com as estirpes na fase log de seu crescimento (quatro dias de cultivo a 28 °C) uma hora antes da semeadura.

O desbaste ocorreu aos 12 dias após a emergência deixando-se duas plantas por vaso. A irrigação foi manual com o auxílio de um copo graduado, oferecendo água para as plantas até a capacidade de solo.

As adubações de cobertura consistiram em acrescentar 30 kg ha^{-1} N, aos 25 dias após emergência (25 DAE) para todos os tratamentos.

As plantas foram colhidas manualmente no estágio de florescimento, duas plantas de cada vaso. Após o destacamento manual, os nódulos das raízes foram contados obtendo-se o número de nódulos, e assim como a parte aérea, foram acondicionados em sacos de papel e levados para uma estufa de circulação forçada (65 a 70 °C) até o peso constante para avaliação da massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, massa seca dos nódulos obtidos com o auxílio de balança de precisão (0,01 g) e acúmulo de fósforo na parte aérea. Para determinar os teores de P, as amostras do material vegetal da parte aérea foram submetidas à digestão sulfúrica, sendo os teores de P determinados por colorimetria pelo método azul de molibdênio, tendo ácido ascórbico como agente redutor (BRAGA & DEFELIPO, 1974).

A análise de variância foi realizada por meio do teste F. E para a fonte de variação doses de fósforo aplicou-se também o teste de regressão e a seleção dos modelos foram baseadas na significância dos betas e no maior coeficiente de determinação (R^2), utilizando-se o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados da análise de variância (Tabela 1), observou-se significância da interação para todas as características: massa seca parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), número de nódulos (N NOD), massa seca de nódulos (MSN) e acúmulo de fósforo na parte aérea (APPA), evidenciando a interdependência dos fatores doses de fósforo e inoculação.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância das características massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), número de nódulos (N NOD), massa seca dos nódulos (MSN), acúmulo de fósforo na parte aérea (APPA) de feijão caupi, submetidos a seis doses de fósforo com e sem inoculação. Gurupi – Tocantins, 2014.

FONTE VARIAÇÃO	GL	QM				
		MSPA (g)	MSR (g)	N NOD (uni)	MSN (g)	APPA (dag kg ⁻¹)
Doses de P	5	2,3787**	0,4148 ^{ns}	190,3069**	0,0001**	0,0016**
Inoculação	1	0,0699 ^{ns}	0,3765 ^{ns}	95,0625**	0,00001**	0,00004 ^{ns}
Doses de P x Inoculação	5	0,8926*	0,6894**	84,1625**	0,0001**	0,0016**
Resíduo	24	0,318	0,2008	3,8263	0,000002	0,0002
CV (%)		14,47	25,75	9,77	10,45	15,32
Média		3,8974	1,7401	20,0138	0,0132	0,1098

^{ns} não significativo; ** significativo para $P \leq 0,01$; * significativo para $P \leq 0,05$ pelo teste F.

Quanto à massa seca parte aérea (Figura 1) o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou a curva sem inoculação, apresentando coeficientes de determinação de 75%. O maior valor foi observado na dose $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, revelou que o valor máximo estimado foi de 4,93 g de massa seca da parte aérea, porém, a menor quantidade de massa seca da parte aérea foi estimada em 2,83 g, obtida na ausência da aplicação de fósforo (0 kg ha^{-1} de P_2O_5). Corroborando Fernandes et al. (2013) o aumento no teor de P no solo aumentou a produção de MSPA do caupi, nas doses mais baixas e teores intermediários, onde também ocorreu curva quadrática em experimento para estudo da produtividade de feijão caupi em função da calagem e fósforo em condições de campo de cultivo. Torquato et al. (2011) verificaram em seu trabalho que os teores de cálcio na folha, resultou no aumento da massa seca da parte aérea, em todos os tratamentos sob as diferentes doses de fósforo. Com isto, ocorre aumento da massa seca da parte aérea, conforme se aumenta as doses de P, que pode estar associado à disponibilidade de cálcio para a planta, já que o P aumenta a disponibilidade do cálcio, componente importante da parede celular das plantas. Pois a disponibilidade de fósforo pode desencadear mudanças na fotossíntese, pois o P atua como agente formador da molécula de ATP. Baixa produção de ATP afetará diretamente no crescimento das plantas. Podendo até resultar em desequilíbrios de outros minerais, como o cálcio.

Em relação aos tratamentos com inoculação (Figura 1) o modelo linear foi o mais adequado, apresentando coeficientes de determinação de 98%. O máximo valor estimado foi de 4,80 g com a dose 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 . O menor resultado foi observado na ausência de aplicação de fósforo ($0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$) com valores estimados de 2,91 g de massa seca da parte aérea em duas plantas. Observa-se também que quanto mais se eleva as doses de fósforo mais se eleva a massa seca da parte aérea. Segundo Bastos et al. (2010) plantas de desenvolvimento intenso e de ciclo curto, requerem maior nível de fósforo em solução e reposição mais rápida do P-adsorvido que as plantas de culturas perenes.

Estes valores de massa seca da parte aérea, nos tratamentos inoculados corroboram aos encontrados por Silva et al. (2010), onde foi visualizado máximo de 1,16 g de massa seca da parte aérea com dose de $72 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ e neste foi observado 4,80 g com dose $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, ou seja com o dobro da dose de $72 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ também conseguiu-se mais que o dobro da massa seca da parte aérea. Doses equivalentes a 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 em solos arenosos e com baixa disponibilidade de P seriam adequadas para o desenvolvimento do feijão caupi segundo Silva et al. (2010).

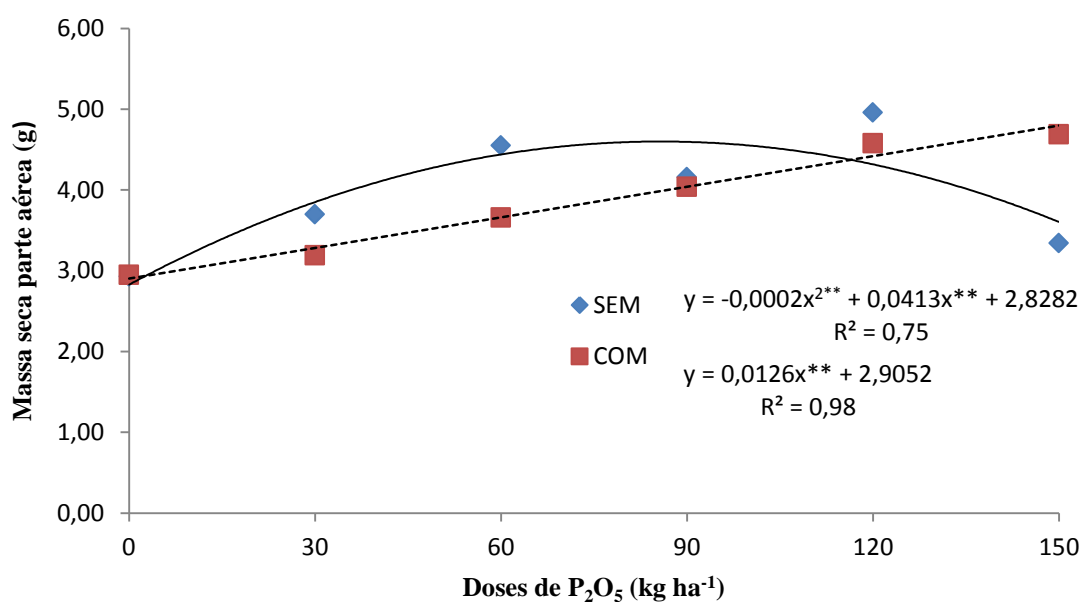


Figura 1. Massa seca da parte aérea, em função da interação das doses de fósforo com e sem inoculante, Gurupi- TO, 2015.

Comparando a relação entre as curvas, observa-se que na curva sem inoculação as médias dos tratamentos são em geral mais elevadas que as médias dos tratamentos, que além da adubação receberam inoculação com rizóbio. Isto está de acordo com resultados encontrados por Araújo et al. (2009) em estudo sobre coinoculação rizóbio e *Bacillus subtilis* em feijão-caupi e leucena no estado do Piauí em casa de vegetação. Isto demonstra que esta cultura é muito eficiente na absorção do P no solo, oriundo da adubação fosfatada. Indicando sua independência da inoculação com rizóbios para a absorção de P.

Para a característica massa seca das raízes em função da interação das doses de fósforo com e sem inoculação (Figura 2), a análise de regressão cúbica foi a que melhor se ajustou a curva sem inoculação, apresentando coeficiente de regressão de 75%. Para os tratamentos sem inoculação, onde mais observou-se massa seca das raízes foi na ausência de aplicação de fósforo ($0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$) e na dose $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, com valores estimados de 2,19 e 2,02 g, respectivamente. Estes resultados estão de acordo com Fagueria (1998) que observou o comprimento máximo das raízes ocorreu no nível mínimo de P e diminuiu com o aumento de nível de P no solo, significando que em solos deficientes em P, as raízes crescem mais para explorar o maior volume de solo e para satisfazer a necessidade nutricional da planta. Ou seja, o estresse nutricional, força as raízes a crescerem. Já em solos bem adubados as raízes crescem mais, devido à boa

disponibilidade de nutrientes (ambiente sem estresse), que é fator determinante para o desenvolvimento vegetal.

Já para a curva com inoculação, o modelo de regressão que mais se adaptou foi o linear com coeficiente de 39%. Para estes tratamentos com inoculação, a maior massa seca das raízes foi encontrada na dose de $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ com valor estimado de 2 g. Indicando que a alta adubação com P, não promoveu efeito negativo na inoculação com rizóbio. Provavelmente o efeito positivo do P nas raízes de feijão caupi inoculado com rizóbio, se deve ao aumento dos pelos radiculares da planta, que é um dos efeitos do P na raiz (PEREIRA, 2008). Estes diferem dos resultados encontrados por Silva et al. (2010) onde o valor máximo estimado para a massa seca das raízes foi de $0,41 \text{ g planta}^{-1}$ nas doses de $61 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$, com super fosfato simples. As menores massas secas de raízes foram observadas nas doses 30 e $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, com valores estimados de 1,29 e 1,27 g, respectivamente. Isto indica o efeito favorável do P no crescimento do sistema radicular.

Em relação às curvas, notou-se que as médias dos tratamentos com e sem inoculação, são próximas entre si, à exceção do tratamento $0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ e das doses 120 e $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$. Isto pode ser explicado porque o fósforo auxilia no aumento do crescimento dos pelos radiculares, que por sua vez são locais de infecção das bactérias do rizóbio, então, em ambiente com pouca disponibilidade de fósforo, a bactéria tem sua eficiência limitada, pela falta de locais de infecção (PEREIRA, 2008).

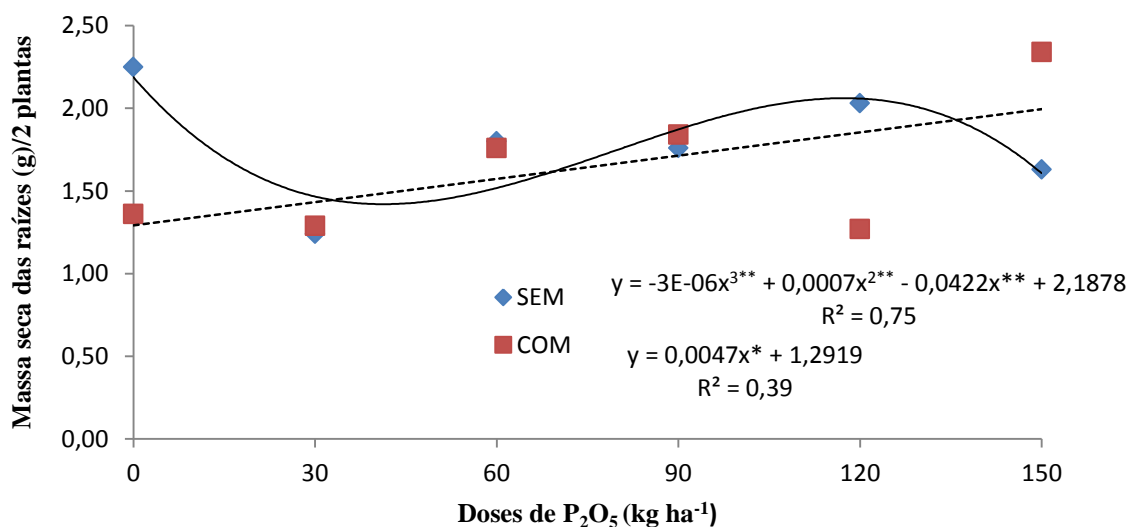


Figura 2. Massa seca da raiz, em função da interação das doses de fósforo aplicadas com e sem inoculante, Gurupi- TO, 2015.

Estes resultados (Figura 2) estão de acordo com Araújo et al. (2009) em estudo sobre coinoculação rizóbio e *Bacillus subtilis* em feijão-caupi e leucena no estado do Piauí em casa de vegetação.

No número de nódulos (Figura 3), para a fonte de variação interação doses vezes inoculação, nos tratamentos sem inoculação apresentou melhor adequação a curva de regressão quadrática com coeficiente de 81%. Nesta curva, houve influencia positiva, pois conforme se aumentou as doses de fósforo, também ocorreu elevação do número de nódulos, com pico máximo na dose $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ com resultado estimado de 24,64 nódulos em duas plantas. As doses de fósforo crescentes induziram o aumento do número de nódulos das raízes, por que o fósforo é fonte de energia para a planta (ATP) que quando bem nutrida, disponibiliza carboidratos para as bactérias de rizóbio auxiliando assim no desenvolvimento dos nódulos, até certo limite de adubação. A cima deste nível de adubação, a planta deixa de fazer simbiose com a bactéria, pois entende que não necessita mais deste mecanismo, que promove gasto de energia, porque existe disponibilidade de nutrientes no solo adequadas para seu desenvolvimento. Diminuindo assim a quantidade de nódulos produzidos.

Quando inoculado, a curva de regressão que mais se ajustou foi a linear com coeficiente de 73% (Figura 3). Observou-se que com exceção da dose $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, houve um aumento no número de nódulos conforme se aumenta as doses de fósforo, com contagem máxima estimada de 29,24 nódulos na dose de $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$. Quando inoculado, a planta aproveita melhor os nutrientes do solo, através da simbiose com o rizóbio, e este por sua vez promove maior infecção na planta, que vai gerar mais nódulos de infecção. Resultados diferentes foram reportados por Silva et al. (2010) que observaram função quadrática e obteve valores máximos estimados de 46 nódulos na dose de $32,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 em estudo do feijão caupi sob diferentes doses e fontes de fósforo solúvel, o que pode estar ligado a diferença das bactérias, que possuem eficiência de FBN distintas. O menor resultado visto foi no tratamento $0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$.

Resultados semelhantes foram vistos por Araújo et al. (2009) em estudo sobre coinoculação rizóbio e *Bacillus subtilis* em feijão-caupi e leucena no estado do Piauí em casa de vegetação, que também encontraram maiores quantidades de nódulos em tratamentos que receberam inoculação com rizóbio.

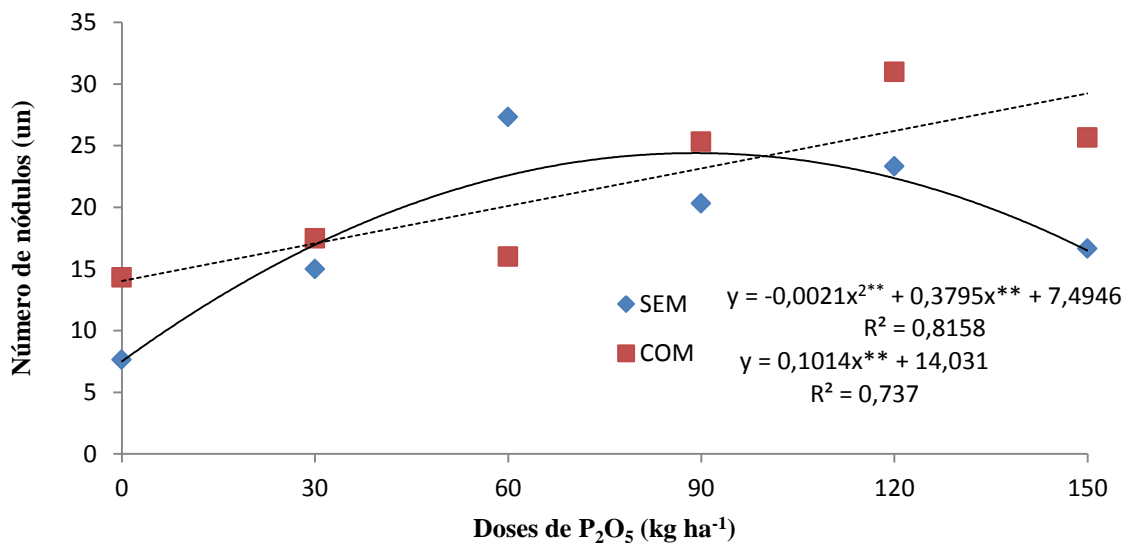


Figura 3. Número de nódulos, em função da interação das doses de fósforo com e sem inoculante, Gurupi- TO, 2015.

A massa seca de nódulos (Figura 4), para a fonte de variação interação doses vezes inoculação, se ajustou melhor o modelo de regressão quadrático para a curva de regressão sem inoculação, com coeficiente de 100%. A curva sem inoculação apresentou um valor máximo estimado de massa seca dos nódulos de 0,02 g na dose de 90 kg ha⁻¹ P₂O₅.

Na curva com inoculação (Figura 4), ajustou-se melhor o modelo de regressão linear, com coeficientes cerca de 91%, houve desenvolvimento constante da massa seca dos nódulos conforme se elevou as doses de fósforo, onde o máximo de massa seca estimado foi de 0,02 g para a dose 150 kg ha⁻¹ P₂O₅. O mesmo ocorreu no número de nódulos, onde a adubação com fósforo proporcionou o melhor desenvolvimento dos nódulos. Isto pode ser explicado pela ação do fósforo na regulação, ativação e desativação enzimática nas membranas celulares, ou seja, quanto mais fósforo mais regulação e mais ativação das enzimas, resultando em mais energia para a planta, que conseqüentemente poderá se manter e se relacionar com outros indivíduos como na simbiose com o rizóbio. Resultados diferentes foram reportados por Silva et al. (2010) que observaram função quadrática e obteve valores máximos estimados de 100 mg planta⁻¹ na dose de 53 kg ha⁻¹ de P₂O₅ da fonte super fosfato simples em estudo do feijão caupi sob diferentes doses e fontes de fósforo solúvel. E o menor tratamento foi o 0 kg ha⁻¹ P₂O₅ estimado em 0,01 g de massa seca dos nódulos.

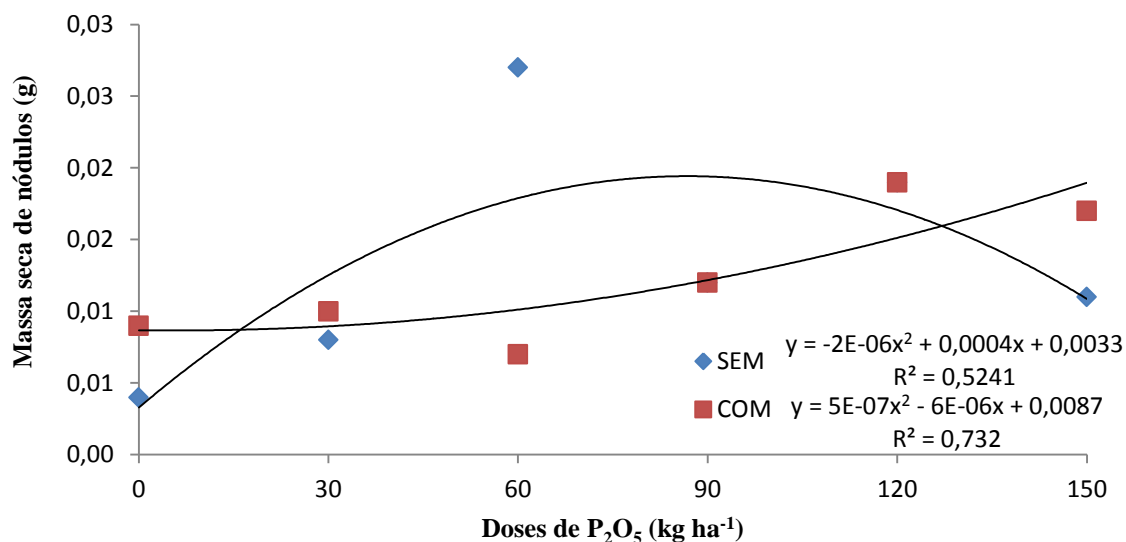


Figura 4. Massa seca dos nódulos, em função da interação das doses de fósforo com e sem inoculante, Gurupi- TO, 2015.

Quanto ao acúmulo de fósforo na parte aérea (Figura 5) entre as colunas sem inoculação, observa-se que as menores e as maiores doses, foram as que mais acumularam fósforo na parte aérea, entre todas as doses a melhor foi a de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ com valor estimado de 0,13 dag kg⁻¹ de fósforo na parte aérea. A dose 60 kg ha⁻¹ P₂O₅ é um limite entre o máximo e o mínimo, ou seja, em condições de baixa disponibilidade de P, a planta tenta absorver mais o P porque está em estresse e precisa se desenvolver. Já em condições de alta disponibilidade a planta absorve mais P, porque o mesmo se encontra em grandes quantidades no solo, o que facilita a nutrição da planta, sem maiores gastos de energia. Segundo Novais & Smyth (1999) quanto mais fósforo disponível no solo maior será o gradiente de concentração deste elemento, ocasionando, portanto, aumento no teor de P na parte aérea. O menor acúmulo de fósforo ocorreu na dose de 30 kg ha⁻¹ P₂O₅, com valor muito semelhante à dose 60 kg ha⁻¹ P₂O₅.

Para a coluna com inoculação (Figura 5) ocorreu decréscimo do acúmulo de fósforo na parte aérea até a dose 60 kg ha⁻¹ P₂O₅, onde até esta dose, o aumento da disponibilização de P resultou em baixo incremento na quantidade desse nutriente presente na massa seca da parte aérea da cultivar BRS Nova Era; e logo após essa dose ocorreu aumento do acúmulo de fósforo. A adubação fosfatada também aumenta o teor e acúmulo de P na matéria seca da parte aérea e nos grãos (FONSECA al., 2010). A melhor dose para a cumulação de fósforo foi a de 150 kg ha⁻¹ P₂O₅, que apresentou valor

estimado de $0,15 \text{ dag kg}^{-1}$ de fósforo. O menor acúmulo ficou na dose $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ com valor estimado de $0,09 \text{ dag kg}^{-1}$. Diferente dos resultados encontrados por Procópio et al. (2005) que no início do florescimento, não constatou diferença quanto ao teor de P nos tecidos vegetais de todas as espécies avaliadas, independentemente do nível de P aplicado, apresentando teor médio de P de $0,19 \text{ dag kg}^{-1}$. Isto significa que a inoculação com o rizóbio INPA 0311B não influenciou positivamente no acúmulo de fósforo na parte aérea, pois os valores desta se comportam da mesma forma que os valores das colunas sem inoculação. Então para esta característica a inoculação não foi eficiente.

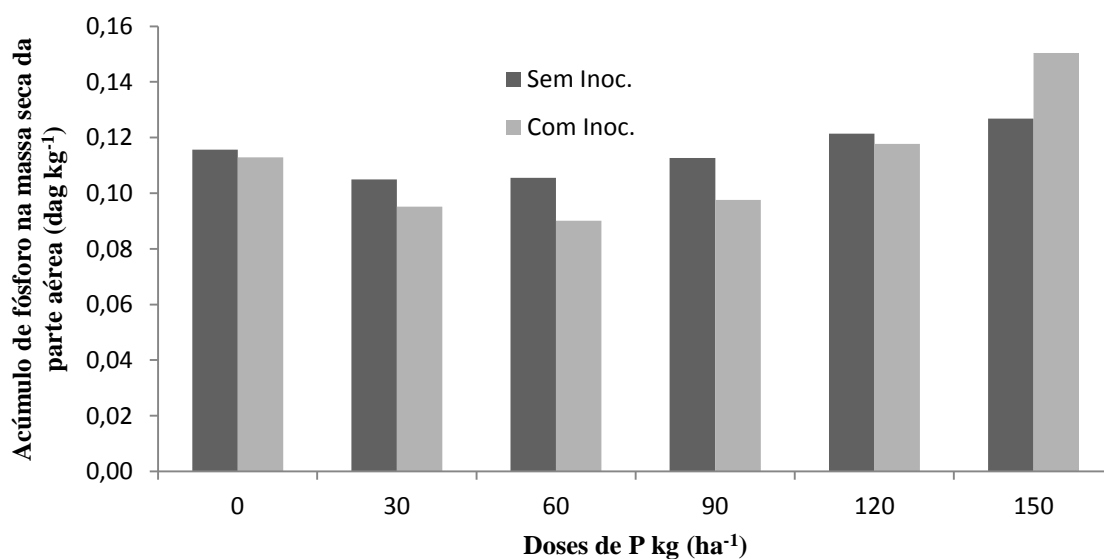


Figura 5. Acúmulo de fósforo na parte aérea, em função da interação das doses de fósforo com e sem inoculante, Gurupi- TO, 2015.

4 CONCLUSÕES

A aplicação de fósforo juntamente com a inoculação proporcionou acréscimo na massa seca da raiz da cultivar de feijão caupi Nova Era.

A dose de fósforo que propiciou a máxima produção de massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e acúmulo de fósforo na parte aérea foi de 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 , com inoculante, para as condições avaliadas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A.S.F.; CARNEIRO, R.F.V.; BEZERRA, A. A.C.; ARAÚJO, F.F. Coinoculação rizóbio e *Bacillus subtilis* em feijão-caupi e leucena: efeito sobre a nodulação, a fixação de N₂ e o crescimento das plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, on line, ISSN 0103-8478. 2009.

BASTOS, A.L.; COSTA, J.P. V.; SILVA, I.F.; RAPOSO, R.W. C.; OLIVEIRA, F.A. & ALBUQUERQUE, A.W. Resposta do milho a doses de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB. v.14, n.5, p.485–491, 2010.

BENÍCIO, L.P.F.; MOREIRA, V.F.; LIMA, S.O.; PEREIRA, A.J.; RODRIGUES, H.V.M. Produtividade de biomassa aérea e valor protéico de espécies leguminosas forrageiras, cultivadas no cerrado tocantinense. **Pubvet**, v.5, n. 3, ed. 150, Art. 1005, 2011.

BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica do fósforo com extratos de solos e plantas. **Revista Ceres**, 21:73-85, 1974.

BURITY, H. A.; LYRA, M. C. C. P.; SOUZA, E. S. Efetividade da inoculação com rizóbio e fungos micorrízicos arbusculares em mudas de sabiá submetidas a diferentes níveis de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 801-807, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 3 ed. rev. ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 353 p. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. **Produtos, Processos e Serviços. Feijão-caupi BRS Novaera**. Brasília. 2007. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-produtos-processos-e-servicos/-/produto-servico/1451/feijao-caupi-brs-novaera>. Acesso em março de 2016.

FAGERIA, N.K. Eficiência de uso de fósforo pelos genótipos de feijão. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.2, p.128-131, 1998.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; STONE, L. F. Resposta do feijoeiro a adubação fosfatada. In: POTAFÓS. Simpósio destaca a essencialidade do fósforo na agricultura brasileira. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.102, p.1-9, 2003.

FERNANDES, A.R.; FONSECA, M.R.; BRAZ, A.M.S. Produtividade de feijão caupi em função da calagem e fósforo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 4, p. 54 – 62, 2013.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 519 p. 2005.

FONSECA, M.R.; FERNANDES, A.R.; SILVA, G.R.; BRASIL, E.C. Teor e acúmulo de nutrientes por plantas de feijão caupi em função do fósforo e da saturação por bases. **Revista Ciências Agrárias**, v.53, n.2, p.195-205. 2010.

HECKRATH, G.; BROOKES, P. C.; POULTON, P. R.; GOUDING, K. W. T. Phosphorus leaching from soils containing different phosphorus concentrations in the Broadbalk experiment. **Journal Environment Quality**, v.24, p.904-910, 1995.

LANA, R. M. Q.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LUZ, J. M. Q.; SILVA, J. C. Produção da alface em função do uso de diferentes fontes de fósforo em solo de Cerrado. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 525-528, 2004.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, RiMa Editora, 550 p. 2000.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399p.

OKELEYE, K. A.; OKELANA, M. A. Effect of phosphorus fertilizer on nodulation, growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata*) varieties. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Dehli, v. 67, p. 10-12, 1997.

PEREIRA, P.M. **Taxonomia e diversidade genética de rizóbios microssimbiontes de distintas leguminosas com base na análise polifásica (BOX-PCR e 16S RNAr) e na metodologia de MLSA**. Tese (Doutorado em Microbiologia)— Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

PROCÓPIO, S.O.; SANTOS, J.B.; PIRES, F.R.; SILVA, A.A.; MENDONÇA, E.S. Absorção e utilização do fósforo pelas culturas da soja e do feijão e por plantas daninhas. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 29:911-921, 2005.

RUMJANEK, N. G; XAVIER, G. R; MARTINS, L.M. V.; MORGADO, L.A; NEVES, M. C. P. Feijão Caupi tem uma nova estirpe de rizóbios, BR 3267, recomendada como inoculante. Embrapa Agrobiologia. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 15. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006.

SILVA, E. F. L.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B.; NUNES, L. A.P. L.; TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, p. 719, 2004.

SILVA, E.F.L.; ARAÚJO, A.S.F.; SANTOS, V.B.; NUNES, L.A.P.L.; CARNEIRO, R.F.V. Fixação biológica do N₂ em feijão-caupi sob diferentes doses e fontes de fósforo solúvel. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 394-402, 2010.

TORQUATO, J.P.; AQUINO, B.F.; SOUSA, G.G.; GUIMARÃES, F.V.A.; ANJOS, D.C. Teores de Ca, K, Mg e P na cultura do feijão caupi sob diferentes doses de fósforo. **Agropecuária Técnica** – v. 32, n. 1, p 79–87, 2011.

VINCENT, J.M. **Manual for the practical study of root nodule bacteria**. Oxford: Blackwell, 164 p. 1970.

RESUMO - Capítulo 2

ROCHA, Weslany Silva, M Sc. Universidade Federal do Tocantins, fevereiro de 2016. **Inoculação e doses de fósforo em feijão caupi no sul do Estado do Tocantins no campo safra 2014/15.** Orientador: D Sc. Manoel Mota dos Santos.

O feijão caupi, através da simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, pode obter N através do processo de fixação biológica do N₂ (FBN), que é uma das formas de incrementar a produtividade de leguminosas, evitando-se custos com adubos nitrogenados solúveis. As deficiências nutricionais podem interferir na FBN, pois o fósforo, deficiente na maioria dos solos tropicais, tem efeito marcante sobre a atividade da nitrogenase. Com isto, objetivou-se com este trabalho avaliar as doses de fósforo na cultura do feijão caupi em condições de campo com e sem o uso de inoculantes. O experimento foi conduzido, no ano agrícola 2014/15 na Fazenda Experimental de Gurupi pertencente à Universidade Federal do Tocantins, com a variedade BRS Nova Era. Para a avaliação promoveu-se a inoculação de uma estirpe padrão já recomendada para a cultura do feijão caupi. O delineamento experimental foi blocos casualizados, em arranjo fatorial (2x6) sendo o primeiro fator (Com e sem inoculação) e o segundo fator seis doses de fósforo (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅), totalizando 12 tratamentos, com quatro repetições. As características avaliadas foram massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, número de nódulos, massa seca dos nódulos, clorofila total, florescimento, peso de cem sementes, produtividade e acúmulo de fósforo na parte aérea. A adubação fosfatada teve influência positiva nas variáveis: número de nódulos e produtividade de grãos de feijão caupi para a região de Gurupi - TO; para as variáveis de número de nódulos e produtividade do feijão caupi cv BRS Nova Era, observaram um melhor ajuste da equação linear, o que demonstra potencial de resposta pela cultura à adubação fosfatada.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*; produtividade; inoculante.

ABSTRACT - Chapter 2

ROCHA, Weslany Silva, M Sc. Federal University of Tocantins, February 2016. **Inoculation and doses of phosphorus in cowpea in the South of the State of Tocantins in the field during 2014/15 crop year.** Advisor: D Sc. Manoel Mota dos Santos.

The cowpea through symbiosis with the bacteria of the genus *Bradyrhizobium* can obtain N through the process of biological nitrogen fixation (BNF) that is one way to increase legumes productivity avoiding costs with soluble nitrogen fertilizers. Nutritional deficiencies can interfere on the BNF, because most of the tropical soils are deficient in phosphorus and phosphorus has effect on nitrogenase activity. This study aimed to evaluate phosphor doses in cowpea culture in field conditions with and without inoculants. This experiment was conducted during the crop year 2014/15 at the Experimental Farm of the Federal University of Tocantins, campus Gurupi-TO with the variety of cowpea BRS Nova Era. The inoculation with a standard strain already recommended for cowpea was done for posterior evaluation. An experimental design of randomized blocks in a 2 x 6 factorial arrangement was used, being the first factor (with and without inoculant) and the second factor six doses of phosphorus (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅), totalizing 12 treatments with four repetitions. The characteristics evaluated were: shoot dry mass, root dry mass, nodule number and dry mass, total chlorophyll, flowering, one hundred seeds weigh, productivity and phosphorus accumulation in the shoot. Phosphorus fertilization had a positive influence on the variables: nodule number and productivity of cowpea grains for the region of Gurupi-TO; for the variables of nodule number and productivity of cowpea, cv BRS Nova Era, was observed a better adjustment of linear equation that shows potential response of the culture to phosphorus fertilization.

Keywords: *Vigna unguiculata*; productivity; inoculant.

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é uma leguminosa comestível, dotada de alto conteúdo protéico, com boa capacidade de fixar nitrogênio e pouco exigente em fertilidade do solo. É cultivado predominantemente por pequenos produtores nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (SILVA et al., 2010).

A produção brasileira foi de 2.806.300 kg em 2013 (CONAB, 2014). Estimativas da CONAB (2015) apontam para a safra de 2014/2015 produção de 532,2 mil toneladas de grãos. Na safra em curso 2014/2015, a produção de feijão macaçar, representou 16,8% do volume produzido. A cultura do caupi, cultivada nas regiões Norte/Nordeste e no Mato Grosso, concentra-se na 2ª safra, à exceção da produção da Bahia. O preço mínimo praticado na safra 2013/2014 foi de R\$ 60,00 a saca de 60 kg na região norte e nordeste (CONAB, 2014).

O uso de inoculantes com bactérias eficientes na FBN em condições de campo tem se mostrado estratégia importante para o aumento da produtividade do feijão-caupi, e quatro estirpes de *Bradyrhizobium* são atualmente recomendadas para esta cultura: UFLA3-84 (SEMIA 6461), BR 3267 (SEMIA 6462), INPA3-11B (SEMIA 6463) e BR 3262 (SEMIA 6464) (ZILLI et al., 2008).

A produtividade desta cultura poderia ser aumentada pelo uso de inoculantes de rizóbios eficientes, suprimindo as necessidades de nitrogênio da planta (SILVA et al., 2006; ZILLI et al., 2009), baixando os custos de produção e elevando a renda do produtor.

Contudo, embora a cultura apresente ampla capacidade na FBN, nem sempre são observadas respostas positivas do uso de inoculantes em campo, em razão de o feijão-caupi ser cultivado, na maioria das vezes, em condições de subsistência com baixo aporte tecnológico e apresentar baixa especificidade na nodulação (ZILLI et al., 2008).

Vários fatores interferem na eficiência simbiótica das estirpes de rizóbio em condições de campo. Alguns são intrínsecos da bactéria, outros são extrínsecos, envolvendo outros microrganismos do solo, fatores de clima e solo ou determinados pela planta hospedeira, no caso a cultivar de feijoeiro utilizado e as deficiências hídricas, ou seja, seca, que podem interferir de forma negativa em diferentes etapas do processo de nodulação, além de afetar a sobrevivência do rizóbio no solo (EMBRAPA AGROBIOLOGIA, 2002).

As deficiências nutricionais também podem interferir na FBN, pois o fósforo, deficiente na maioria dos solos tropicais, tem efeito marcante sobre a atividade da nitrogenase, devido ao alto dispêndio energético promovido pela atividade de fixação biológica de nitrogênio e aumenta o número de pelos radiculares, o que aumenta também os sítios de infecção pelas bactérias e a disponibilidade de nitrogênio, que quando presente em maiores concentrações no início da FBN pode inibir a simbiose bactéria-planta (PEREIRA, 2008).

O fósforo é um elemento importante no processo de formação de grãos, sendo as recomendações de seu fornecimento à cultura na faixa de 50 a 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (MELO et al., 2005; UCHÔA et al., 2009).

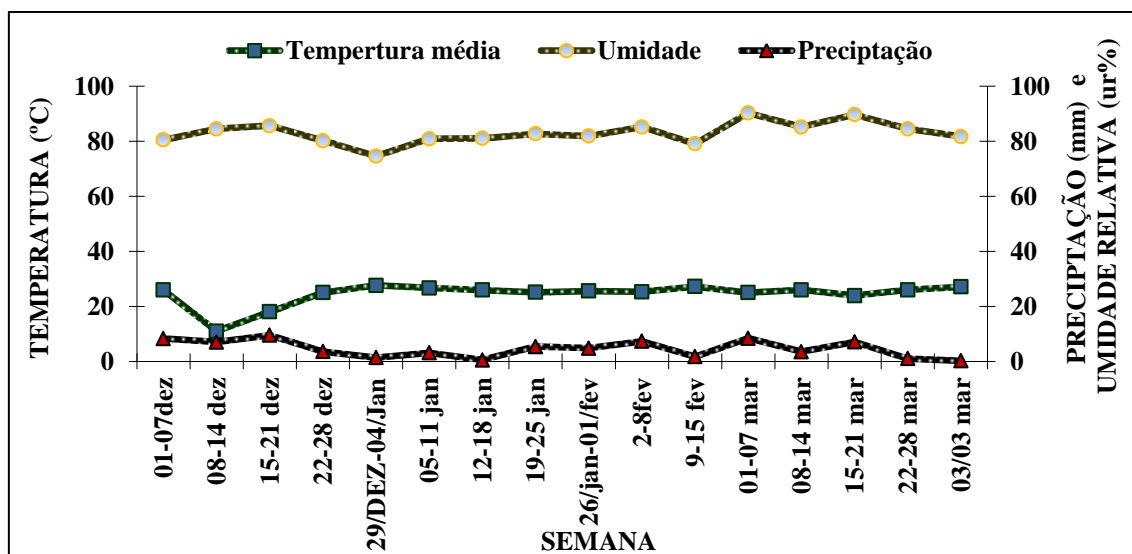
Além disso, melhorando-se o desempenho simbiótico pode-se, da mesma forma que ocorre com a soja, dispensar a necessidade do uso de adubos nitrogenados para obtenção de maiores rendimentos (RUMJANEK et al., 2005).

Porém no cerrado, tocaninense, a técnica da inoculação com rizóbios na cultura do feijão-caupi ainda é pouco utilizada, apesar do estado se encontrar na região de fronteira agrícola (MATOPIBA), necessita-se investimentos em pesquisas de avaliação da FBN na cultura do feijão-caupi e da eficiência simbiótica das estirpes de rizóbio nas condições de clima e solo da região de Gurupi – TO.

Então diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho avaliar a inoculação e as doses de fósforo no feijão caupi em campo na safra 2014/2015, no sul do estado do Tocantins.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido, no ano agrícola 2014/15 na Fazenda Experimental de Gurupi pertencente à Universidade Federal do Tocantins, situada no município de Gurupi, Estado do Tocantins, caracterizada pelas coordenadas geográficas 11° 43' de latitude sul e 49° 15' de longitude oeste, numa altitude de 300 m, em solo do tipo Vermelho-Amarelo Distrófico (EMBRAPA SOLOS, 2013) e a caracterização climática local é de clima tropical úmido com pequena deficiência hídrica (B1wA'a') conforme classificação Thornthwaite.



Fonte: Estação meteorológica UFT/INMET

Figura 1. Temperatura média, umidade e precipitação, medidas a cada sete dias, no período da realização do experimento, no ano agrícola 2014/15, no município de Gurupi- TO.

A análise química e granulométrica do solo, na camada de 0-20 cm, foi realizada na área experimental aproximadamente 30 dias antes do plantio, sendo pH em CaCl₂: 5,1; H+Al: 3,40 cmol_c dm⁻³; Ca: 2,2 cmol_c dm⁻³; Mg: 0,7 cmol_c dm⁻³; K: 0,10 cmol_c dm⁻³; S: 2 mg dm⁻³; P (*mehlich* D): 0,5 mg dm⁻³; CTC: 6,40 cmol_c dm⁻³; V%: 47; Matéria Orgânica 2,4 dag kg⁻¹; argila: 285 g kg⁻¹; silte 37 g kg⁻¹; areia 678 g kg⁻¹. Promoveu-se a calagem utilizando o calcário dolomítico com 6-10% MgO e PRNT 80-85%, utilizando-se a metodologia de saturação de cálcio e magnésio, com aplicação de 3 t ha⁻¹.

No trabalho foi utilizado a cultivar BRS Nova Era, que possui hábito de crescimento indeterminado, porte semi - ereto, ciclo de 65 - 70 dias e cor da flor branca. Essa cultivar também é muito utilizada por produtores, na região de Gurupi -

TO, por obter características agronômicas favoráveis, como boa adaptação as condições edafoclimáticas da região, e aceitação no mercado (EMBRAPA, 2007).

O preparo do solo foi realizado de forma convencional, com uma gradagem (25”) e uma niveladora (16”) e posterior sucamento do solo. A unidade experimental foi constituída de quatro linhas de 5 m de comprimento, espaçadas 0,50 m entre linhas totalizando uma área de 10 m². Os dados de componentes da produção foram obtidos nas duas linhas centrais, com área útil de 4,0 m², excluindo as bordaduras, formada pelas linhas externas e meio metro das extremidades das linhas centrais. A semeadura foi manual, no mês de novembro com a inoculação da estirpe de rizóbio INPA 03-11B caracterizada como *Bradyrhizobium japonicum*, obtida junto ao Laboratório de Microbiologia da Universidade Federal de Lavras (Minas Gerais, Brasil). Após crescimento em meio YMA (extrato de levedura, manitol, ágar) por cinco dias, foi suspensa em solução salina (0,2% MgSO₄) e adicionada na concentração de 10⁹ células mL⁻¹ cada, às sementes uma hora antes da semeadura, sendo utilizada 50 mL kg⁻¹ de semente.

O delineamento experimental foi blocos casualizados, em arranjo fatorial (2x6) sendo o primeiro fator (Com e sem inoculação) e o segundo fator seis doses de fósforo (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅), totalizando 12 tratamentos, com quatro repetições. Neste foi fornecido também adubação complementar de 60 kg ha⁻¹ K₂O com fonte cloreto de potássio e 20 kg ha⁻¹ de N com fonte ureia no plantio.

As adubações de cobertura foram parceladas em duas vezes para todos os tratamentos aos 15 DAE e aos 30 DAE, cada uma de 30 kg ha⁻¹ de N.

O manejo da cultura consistiu em capina manual e/ou aplicação de herbicidas, conforme a necessidade. O suprimento de água para a cultura foi através da água das chuvas e/ou irrigação complementar, quando necessário.

A partir do 12º dia após semeadura as plantas emergidas foram desbastadas, deixando-se 10 plantas por metro linear e população de 200.000 plantas ha⁻¹.

Foi realizada a leitura do teor de clorofila total nas folhas em pleno florescimento do feijão-caupi sempre realizada pela manhã, através de leituras de índice utilizando-se para um aparelho clorofilômetro marca ClorofiLOG® modelo CFL 1030, operado conforme as instruções do fabricante (FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA, 2008). Para este aparelho, as unidades de mensuração, denominadas Índice de Clorofila Falker (ICF), são produto de fotodiodos que emitem em 635, 660 e 880 nm. O valor de leitura atribuído à parcela foi representado pela média de 5 folhas trifolioladas/parcela.

Por ocasião do pleno florescimento (45 dias após a emergência - DAE) fez-se a coleta de 30 folhas trifolioladas por parcela. A amostragem foi feita no terço mediano das plantas da área útil das parcelas. Para determinar os teores de P, as amostras do material vegetal da parte aérea foram acondicionadas em sacos de papel, secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, pesadas e moídas, além disso, foram submetidas à digestão sulfúrica, sendo os teores de P determinados por colorimetria pelo método azul de molibdênio, tendo ácido ascórbico como agente redutor (BRAGA & DEFELIPO, 1974) onde se obteve o acúmulo de fósforo na parte aérea.

O florescimento foi avaliado quando as plantas atingiram 50% de florescimento; A colheita foi realizada após R9 quando a planta atingiu sua maturação fisiológica, sendo está realizada por mais de uma vez por parcela.

Por ocasião da colheita foi analisada a massa seca da parte aérea; estimativa da massa seca das raízes feitas com recorte de solo da área mais próxima às raízes (trincheira); número de nódulos; massa seca dos nódulos; tomando-se cem grãos da área útil pesando e corrigindo a umidade para 13%; produtividade de grãos: feita pelo peso de grãos da área útil em quilogramas, com correção para 13% de umidade, transformando os dados para kg ha^{-1} .

A análise de variância foi realizada por meio do teste F. E para a fonte de variação doses de fósforo aplicou-se também o teste de regressão e a seleção dos modelos foram baseadas na significância dos betas e no maior coeficiente de determinação (R^2), utilizando-se o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados da análise de variância (Tabela 1), observou-se que as características massa seca raiz (MSR), número de nódulos (N NOD), peso de cem sementes (P100) e produtividade (PROD) apresentaram efeito significativo da interação, a 1% de probabilidade pelo teste F, mostrando que apenas estas características foram influenciadas concomitantemente pela ação conjunta dos fatores inoculação e doses de fósforo.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância das características florescimento (FLOR), clorofila total (CLOR), massa seca da raiz (MSR), número de nódulos (N NOD), massa seca dos nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA), peso de cem sementes (P100), produtividade (PROD) e acúmulo de fósforo na parte aérea (APPA) de feijão-caupi, submetidos a seis doses de fósforo com e sem inoculação. Gurupi – Tocantins, safra 2014/2015.

FONTE VARIAÇÃO	GL	QM								
		FLOR (dias)	CLOR (ICF)	MSR (g)	N NOD (uni)	MSN (g)	MSPA (g)	P100 (uni)	PROD (kg ha ⁻¹)	APPA (dag kg ⁻¹)
Doses de P	5	47,05**	135,8231**	27,0642**	3193,5208**	0,0031 ^{ns}	1383,8490**	16,4708**	654987,5550**	0,0252 ^{ns}
Inoculação	1	2,0833 ^{ns}	0,312 ^{ns}	1,5272*	24435,1875**	0,0069 ^{ns}	2,0307 ^{ns}	7,5208**	0,028637 ^{ns}	0,0008 ^{ns}
Doses de P x Inoculação	5	0,4333 ^{ns}	3,8452 ^{ns}	10,3480**	933,7875**	0,0013 ^{ns}	568,2219 ^{ns}	27,97**	284380,8988**	0,0044 ^{ns}
Bloco	3	14,4444	2,5972	0,1182	3,1875	0,0162	2132,7876	0,9097	0,6707	0,0036
Resíduo	33	5,308081	1,8234	0,2921	3,5662	0,0027	283,8665	1,0006	1,4955	0,0179
CV (%)		4,11	4,22	10,33	2,29	103,63	53,41	3,81	0,13	41,25
Média		56	60,4335	5,2342	82,6458	0,0502	31,5439	26,2708	934,9141	0,3245

^{ns} não significativo; ** significativo para $P \leq 0,01$; * significativo para $P \leq 0,05$ pelo teste F

Quando se observa o comportamento isolado da fonte de variação doses de P, todas as características avaliadas com exceção de massa seca de nódulos e acúmulo de fósforo na parte aérea, foram significativas a 1% de probabilidade pelo teste F.

Ao analisar a fonte de variação inoculação separadamente, observou-se que houve significância ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F apenas para as características massa seca de nódulos, número de nódulos e peso de cem sementes.

Para a característica massa seca das raízes em função da interação das doses de fósforo com e sem inoculação (Figura 2), a análise de regressão quadrática foi a que melhor se ajustou aos dados da curva sem inoculação, apresentando coeficiente de regressão de 50%. Para os tratamentos sem inoculação a dose que mais resultou em massa seca das raízes foi $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, com valor estimado de 7,24 g de massa seca das raízes. Adubações abaixo da dose de $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ não foram suficiente para proporcionar a máxima massa seca de raízes, pois estas quantidades de P_2O_5 aplicados podem não ter fornecido P suficiente, para a planta expressar seu máximo desenvolvimento, ou seja, pode ter ocorrido leve estresse nutricional de P mineral. E adubações superiores a esta foram pouco prejudiciais, pois na referida época do experimento (como pode ser observado na figura 1), houve poucas chuvas, que podem ter deixado o solo salino próximo às raízes, e devido ao ajuste osmótico, a planta deixou de absorver este mineral. O menor resultado foi no tratamento $0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ com valor estimado menor que 2,47 g de massa seca de raiz, isto pode ter ocorrido, devido a limitada disponibilidade de P para as raízes. Este resultado é superior aos observados em Chagas Júnior et al. (2012) e Chagas Júnior et al. (2014) que verificaram média de massa seca de raiz de 1,3 e 3,3 g, respectivamente, com adubação de $80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$. Isto pode ser devido à diferença genética entre as cultivares de feijão-caupi Vinagre e BRS Nova Era.

A análise de regressão quadrática foi a que melhor se ajustou aos dados da curva com inoculação (Figura 2), apresentando coeficiente de regressão de 60%. Para os tratamentos com inoculação a maior massa seca das raízes foi encontrada na dose de $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ com valor estimado de 6,02 g, isto demonstra que o rizóbio auxiliou na disponibilização do P até em doses altas desse nutriente, retardando o efeito de um possível estresse salino deste nutriente nas raízes do feijão caupi, visto que no período de desenvolvimento deste trabalho, ocorreu déficit de chuvas nesta região. E a menor massa seca de raízes foi observada no tratamento $0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, estimada em 2,53 g, provavelmente pela falta de nutrientes disponível no solo para o adequado

desenvolvimento radicular. Resultados diferentes foram visualizados por Chagas Júnior et al. (2014) avaliando eficiência da inoculação combinada de rizóbio e *Trichoderma* spp. em diferentes cultivares de feijão-caupi na época da safrinha.

Quando observada a figura 2, e comparando os tratamentos com inoculação e sem inoculação percebe-se que estes resultados corroboram Araújo et al. (2009) em estudos sobre coinoculação rizóbio e *Bacillus subtilis* em feijão-caupi e leucena em condições de casa de vegetação, onde os tratamentos que receberam inoculação foram semelhantes aos que receberam somente adubação com NPK. Devido as condições de clima seco e quente, como registrado no momento de realização deste experimento, o rizóbio pode ter sofrido também estresse, pois apesar de ser uma bactéria de solo, ele até pode tolerar altas temperaturas, porém não se desenvolve com deveria. Isto influencia na sua capacidade de sobreviver e de promover simbiose com outros organismos.

O presente estudo também está de acordo com resultados reportados por Gualter et al. (2008) observando doses de P, K e Mo na cultura do feijão-caupi inoculado em neossolo flúvico.

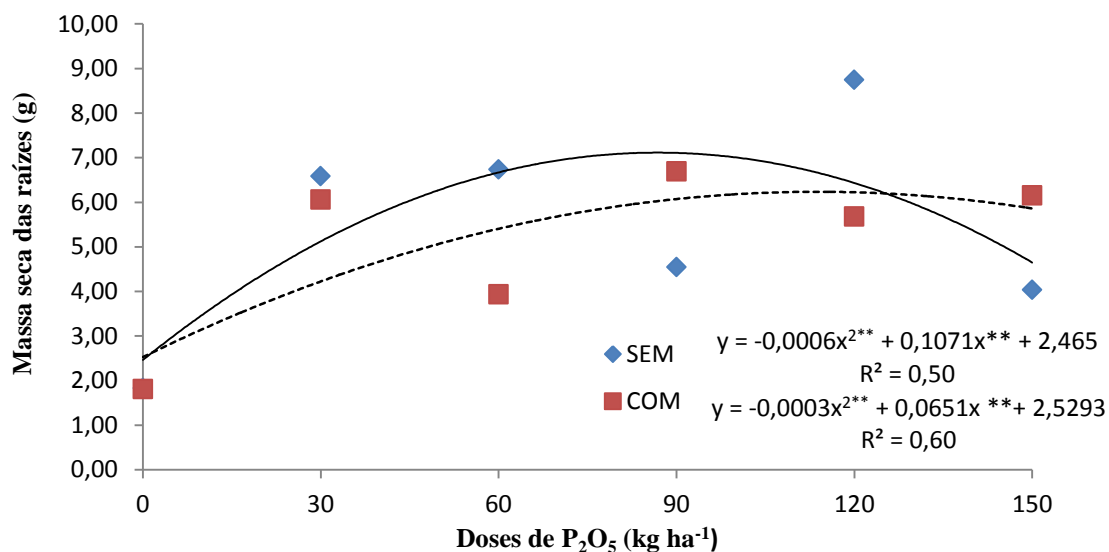


Figura 2. Massa seca raiz, em função da interação das doses de fósforo com e sem inoculante Gurupi-TO, safra 2014/2015.

O número de nódulos (Figura 3), para a fonte de variação interação, apresentou curva de regressão cúbica para os tratamentos sem inoculação e coeficiente de 81%. Estes foram influenciados conforme aumentou-se as doses de fósforo, com pico máximo de número de nódulos na dose 90 kg ha⁻¹ P₂O₅ com estimativa de 70,50 nódulos em duas plantas. Apesar de não inoculada, esta curva apresentou nodulação até mesmo na dose zero de P, isto é uma indicação da alta capacidade dos rizóbios

estabelecidos no solo nodularem as plantas de feijão-caupi, como é frequentemente observado (RUMJANEK et al., 2005; HARA e OLIVEIRA, 2007; ZHANG et al., 2007). Por isso esta curva apresentou resultado cúbico de regressão. A respeito das doses P aplicadas a dose $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ parece ser a mais propícia para o desenvolvimento de nódulos de raízes de feijão caupi não inoculado, não afetando na sobrevivência e no desenvolvimento nem da planta e nem do microrganismo no solo. Resultado semelhante foi observado por Zilli et al. (2009) e Chagas Júnior et al. (2014) com valor de 37 e 27 nódulos por planta, respectivamente, encontrados na aplicação da dose $80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$.

Quando inoculado (Figura 3), a curva de regressão que mais se ajustou foi a linear com coeficiente de 55%. Observou-se que com exceção da dose $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, houve um aumento no número de nódulos conforme se aumentava as doses de fósforo, com contagem máxima estimada na dose de $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ com 126,53 nódulos. O que observa-se aqui é que a adubação com P auxilia na simbiose, pois quanto mais se aplica o nutriente, mais há a formação de nódulos nas raízes, indicando assim que está ocorrendo simbiose bactéria-planta. Isto pode estar ligado a melhor nutrição da planta, que obtém mais ATP, do fósforo, e com isto pode promover simbiose com esta bactéria, liberando para este mais carbono. Resultado diferente do encontrado por Zilli et al. (2009), com 62 nódulos na dose $80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$. O menor resultado visto foi no tratamento $0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$. Apesar da limitada quantidade deste nutriente no solo, foi possível o desenvolvimento de nódulos, muito provavelmente pela capacidade do rizóbio solubilizar fosfato não lábil do solo e liberar para a planta.

Desta forma, apesar de ser uma das leguminosas com maior capacidade em fixar nitrogênio atmosférico nos sistemas agrícolas, a ocorrência de nodulação espontânea e, principalmente, a falta de resultados positivos em condições de campo, faz com que a prática de inoculação ainda não seja amplamente usada para esta cultura no Brasil (FREIRE FILHO et al., 2005).

Quando se comprara as curvas com inoculação e sem inoculação (Figura 3), nota-se que os valores da curva com inoculação são superiores aos da curva sem inoculação. Este resultado concorda com Araújo et al. (2009) e Melo e Zilli (2009), onde tratamentos com inóculo apresentaram número de nódulos iguais entre si e maiores que os demais tratamentos com N e sem inoculação. Também está de acordo com Chagas Júnior et al. (2010) que obtiveram média de nodulação muito superior nos tratamentos inoculados (27,80 uni) que nos tratamento adubado (1 uni) e testemunha (2

uni), apesar de apresentarem médias bem inferiores á encontradas neste trabalho. Chagas Júnior et al. (2012) encontraram resultados muito semelhantes á médias obtidas no presente trabalho, e também observaram maior número de nódulos nos tratamentos inoculados com rizóbio, em experimento com coinoculação de rizóbio e *Trichoderma* na semente e no solo do Cerrado do Tocantins. Resultados semelhantes foram reportados por Gualter et al. (2008) observando doses de P, K e Mo na cultura do feijão-caupi inoculado em Neossolo flúvico.

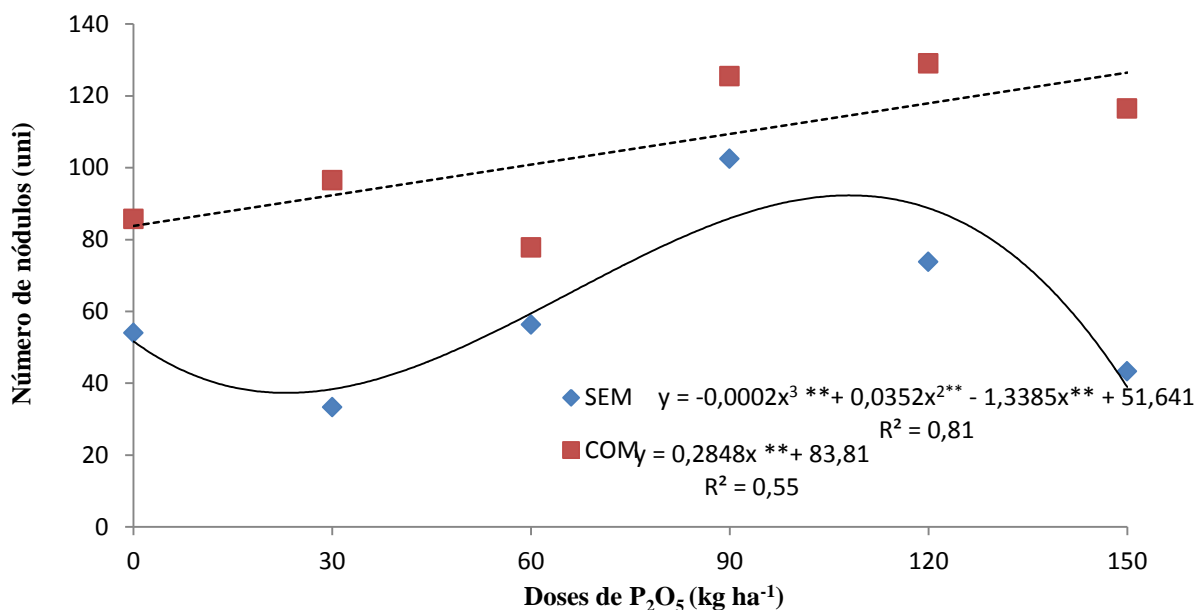


Figura 3. Número de nódulos, em função da interação das doses de fósforo com e sem inoculante, Gurupi- TO, safra 2014/2015.

O peso de cem sementes (Figura 4), para a fonte de variação interação doses vezes inoculação, apresentou curva de regressão quadrática para os tratamentos sem inoculação, coeficiente de 77% e beta não significativo. Foi influenciado negativamente, pois quando se aumenta as doses de fósforo, diminui-se o peso de cem sementes. O máximo de peso de sementes foi observado no tratamento 0 kg ha⁻¹ P₂O₅ com valor estimado de 27,65 g. Bem diferente do que diz Zucareli (2005) que constatou que o aumento do P na planta do feijoeiro aumenta a massa das sementes, que é um das principais características determinantes no aumento da produtividade. Neste trabalho, não foi visualizado incremento de massa, pelo contrário, houve redução desta. O que pode ser explicado, pela falta de chuvas na época de realização deste trabalho, o que pode ter ocasionado déficit hídrico na planta do feijão caupi, promovendo também alta concentração de sais no solo, e dificultando a absorção deste mineral, apesar de disponível a planta, com a baixa absorção deste nutriente, a reserva de P na planta foi

utilizada para a manutenção da mesma e não foi translocada para os grãos. Não influenciando positivamente no peso das sementes, ao nível em que elevava-se as doses de P.

Por um lado, os resultados demonstram similaridade com os encontrados por Silva et al. (2014), quando se observa a média da massa de cem grãos 24 g, valor bem próximo a média verificada neste trabalho. Já por outro lado, observa-se que nenhuma das doses testadas no trabalho daqueles autores, apresentaram diferenças estatísticas entre eles, neste ponto os resultados de ambos os trabalhos distinguem-se. Coutinho et al. (2014) obtiveram médias de massa de cem grãos semelhantes para a massa de mil grãos observaram efeito quadrático para as doses de P_2O_5 , com a máxima eficiência técnica de 0,274 kg obtida na dose de 156,67 kg ha⁻¹ de P_2O_5 . Esta situação deveu-se possivelmente pelo tipo de solo e condições climáticas, que são muito diferentes das encontradas neste trabalho.

Quando houve a inoculação (Figura 4), a curva de regressão que mais se ajustou também foi a quadrática com coeficiente de 78%. Observou-se que o melhor resultado para o peso das sementes foi na dose 90 kg ha⁻¹ P_2O_5 com valor estimado de 28,35 g. Pode-se notar que a inoculação com o rizóbio, ocorreu o melhor aproveitamento do P aplicado, provavelmente porque o rizóbio através da simbiose disponibilizou mais nitrogênio para a planta que por sua vez promoveu mais fotossíntese, que produziu mais fotoassimilados, que são a base para a produção das sementes. A dose superior apresentou resultado semelhante. O P promove o aumento da produção de matéria seca da parte aérea, incremento do número de vagens e massa de grãos (FAGERIA et al., 2003). De modo geral estes resultados estão em concordância com o trabalho de Silva et al. (2011) para ambas as curvas de regressão. Estes autores observaram média de 23,60 g de peso de cem grãos quando inoculado com algumas estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanni*. Porém, os valores das médias dos tratamentos não inoculados foram muito semelhantes á estas (24,41 g). O que possivelmente está relacionado às cultivares usadas nos experimentos, pois são distintas e possuem pesos diferenciados.

O menor resultado visto foi no tratamento 0 kg ha⁻¹ P_2O_5 com valor estimado de 20,64 g em cem sementes. Provavelmente, porque o rizóbio não, conseguiu a quantidade mínima deste nutriente, para eu pudesse auxiliar a planta a absorver este nutriente.

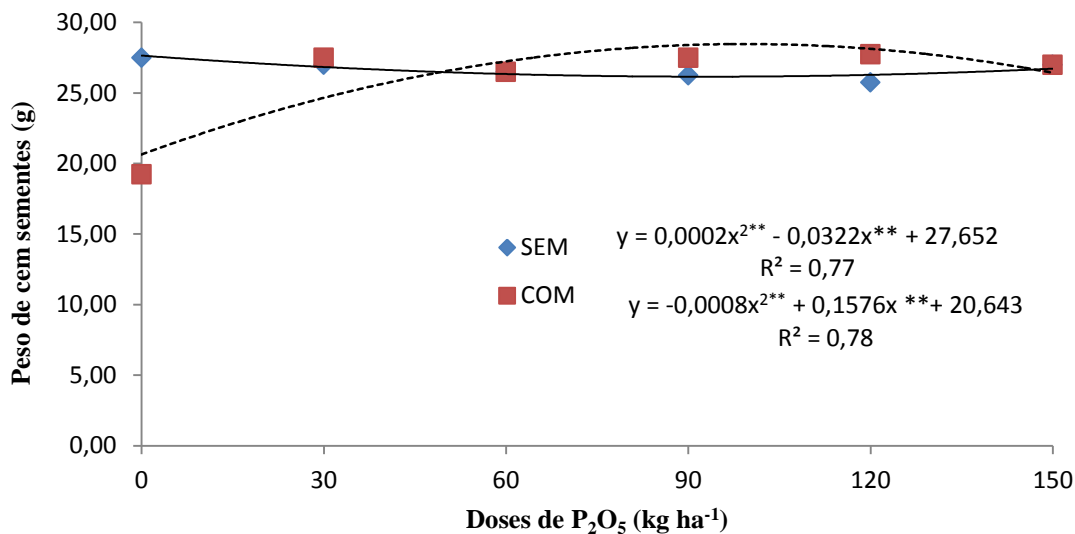


Figura 4. Peso de cem sementes, em função da interação das doses de fósforo com e sem inoculante, Gurupi- TO, na safra 204/2015.

Para a característica produtividade de grãos (Figura 5), ocorreu resposta quadrática significativa, pelo teste F ($p < 0,05$), para os tratamentos sem inoculação nas doses de P₂O₅ testadas e apresentando coeficiente de 77%. A produtividade máxima estimada de grãos (1 122,80 kg ha⁻¹) foi obtida com a dose 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Este resultado não corrobora Silva et al. (2010) que observaram máxima produtividade estimada de 800 kg ha⁻¹ de grãos na dose de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Tal diferença pode ser justificada pelas diferenças entre as cultivares escolhida para ambos os estudos (Pretinho precoce 1 e BRS Nova Era). Também difere dos resultados encontrados por Silva et al. (2014) que observaram maior produtividade de grãos na dose mais elevada 200 kg P₂O₅ ha⁻¹. De modo geral, corroboram Chagas Júnior et al. (2014), que obtiveram 986,9 kg ha⁻¹ de grãos na dose de 80 kg ha⁻¹ P₂O₅ utilizando a cultivar BRS Sempre Verde em solo da mesma região de realização deste trabalho.

Também estão de acordo com os trabalhos de Silva et al. (2011). Observa-se que a produtividade de grãos apresentada no tratamento 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foi estimada em 615 kg ha⁻¹ evidenciando o efeito expressivo da utilização da adubação fosfatada em feijão-caupi cultivados nos solos do Estado Tocantins, e também indicando que a limitação de fósforo nesta cultura diminui a produtividade, porque o P é componente básico de várias moléculas, como ATP, DNA e RNA, sem esse elemento as funções da planta ficam limitadas. Por isso, a suplementação de nutrientes ao solo é uma prática indispensável ao desenvolvimento da planta e a obtenção de elevadas produtividades

(ARAÚJO et al., 2006). Segundo Silva et al. (2010) a dose recomendada de fósforo (60 kg ha^{-1} de P_2O_5) para a cultura do feijão-caupi, considerando o teor de fósforo disponível no solo, não foi suficiente para proporcionar as maiores produções, o que também foi observado neste trabalho.

Segundo Oliveira et al. (1996), plantas de feijoeiro deficientes em P reduzem o seu vigor, o número de vagem e produção de grãos, o que acarreta em menor produtividade de grãos.

Já para os tratamentos com inoculação a curva que mais se adequou foi a linear com coeficiente de determinação de 68% (Figura 5), demonstrando o efeito expressivo da adubação fosfatada, que foi crescente com o aumento das doses de fósforo. A melhor dose foi a de $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ que apresentou média estimada de $1389,56 \text{ kg ha}^{-1}$ de grãos de feijão-caupi. O pior tratamento foi o $0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ com valor estimado de $480,24 \text{ kg ha}^{-1}$ de grãos de feijão-caupi. As doses de P proporcionaram maior simbiose, possivelmente, porque o fósforo ajuda no desenvolvimento radicular e na formação dos nódulos, o que aumentou os locais de infecção para o rizóbio, que disponibilizou nitrogênio para a planta e por conseguinte conseguiu absorver mais fósforo também, o que melhorou a nutrição desta, refletindo assim na produtividade de grãos. De modo geral estes resultados estão de acordo com os trabalhos de Silva et al. (2011) em estudos com inoculação e adubação mineral na cultura do feijão-caupi no estado do Pará. E também se assemelham os resultados obtidos por Chagas Júnior et al. (2014) avaliando eficiência da inoculação combinada de rizóbio e *Trichoderma* spp. em diferentes cultivares de feijão-caupi na época da safrinha.

Está de acordo com Chagas Júnior et al. (2010) que obteve média de produtividade pouco inferior nos tratamentos inoculados, estimado em 590 kg ha^{-1} de grãos que nos tratamento adubado (693 kg ha^{-1} de grãos) e testemunha (653 kg ha^{-1} de grãos), mas divergindo dos valores visualizados neste trabalho a produtividade de grãos foi estimadas em $780,46$ e $618,37 \text{ kg ha}^{-1}$ com e sem inoculação, respectivamente. Tal resultado pode está ligado á menor produção de massa seca da planta e menor produção de nódulos visualizados por Chagas Júnior et al. (2010) que pode ter afetado a produção de grãos.

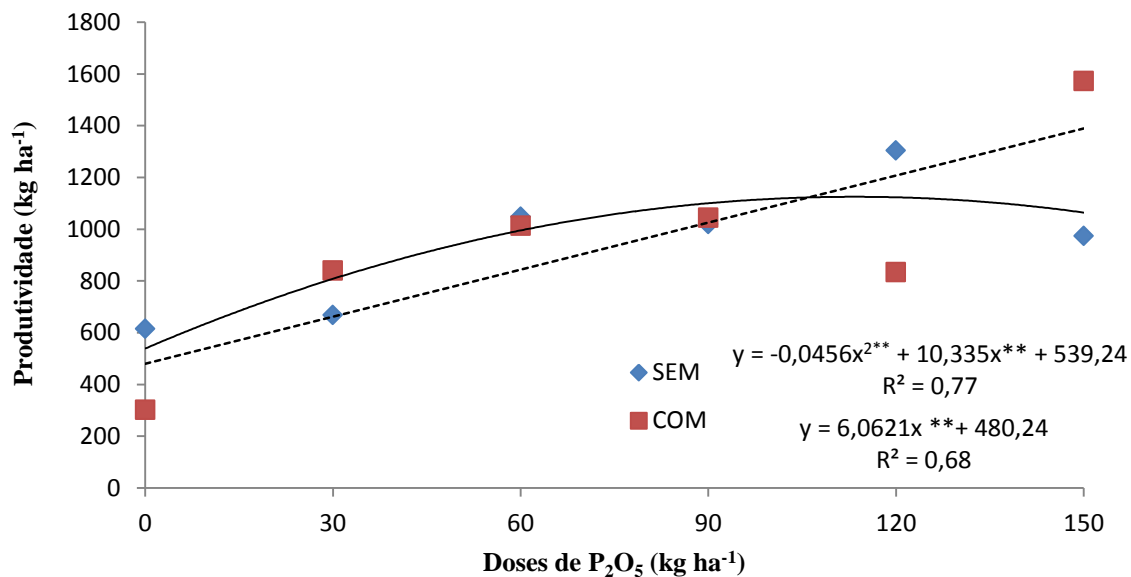


Figura 5. Produtividade de feijão-caupi BRS Nova Era, em função da interação das doses de fósforo com e sem inoculante, Gurupi- TO, na safra 2014/2015.

Na Figura 6, Florescimento de feijão-caupi BRS Nova Era, em função da análise isolada da fonte de variação doses de fósforo. Observa-se que a curva de regressão quadrática foi a que melhor se ajustou, com coeficiente de determinação de 83%. O florescimento do feijão-caupi BRS Nova Era foi reduzido até a dose 90 kg ha⁻¹ P₂O₅ com média estimada de 53,95 dias para o florescimento. Provavelmente porque em condições de estresse leve, ou seja, abaixo de 90 kg ha⁻¹ P₂O₅ a planta demora mais para florescer, porque ainda não foi suprida nutricionalmente. E acima desta dose a planta entra em consumo de luxo, ou seja, ela possui muito nutriente no solo, e por isso não vê necessidade de se reproduzir naquele momento, então adia seu ciclo fisiológico, retardando o florescimento. Resultados diferentes foram aportados por Santos (2014) em experimento realizado com mesma cultivar de feijão-caupi BRS Nova Era em sistema de várzea na região de Formoso do Araguaia- TO e adubação de 75 kg ha⁻¹ P₂O₅, onde foi verificado 39,83 dias para o florescimento. Isto pode ser devido à diferença de ambiente, pois em sistema de várzea a planta dispõe de mais umidade no solo o que diminui o estresse hídrico melhorando a ambientação da planta e nesse sistema a subirrigação favorece o desenvolvimento da planta, pois não molha suas folhas, o que diminui o risco de ataque de diversas doenças fúngicas e viróticas. As doses superiores elevaram os dias para florescimento, porém o tratamento 0 kg ha⁻¹ P₂O₅ foi o que mais demorou a florescer com média de 60,25 dias. Freire Filho et al. (2008)

com a BRS Nova Era, citam uma média de 41 dias para o florescimento, o que não ocorreu neste experimento para nenhuma das doses de P utilizadas.

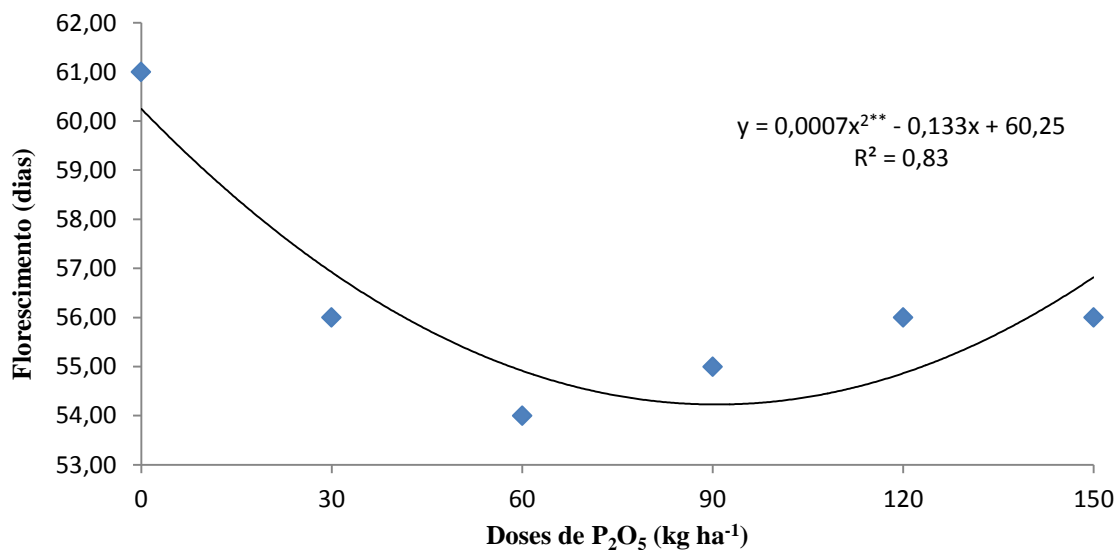


Figura 6. Florescimento de feijão-caupi BRS Nova Era, em função análise isolada das doses de fósforo, Gurupi- TO, na safra 2014/2015.

Na clorofila total de feijão-caupi BRS Nova Era (Figura 7), em função da análise isolada das doses de fósforo, observa-se que a curva de regressão quadrática foi a que melhor se ajustou as doses de fósforo, com coeficiente de determinação de 71%. O índice de clorofila total FALKER (ICF) se manteve constante conforme se elevou as doses de fósforo. A dose de 150 kg ha⁻¹ P₂O₅ foi a que proporcionou um pequeno aumento deste índice com máximo estimado em 63,83 ICF. O que evidencia sua capacidade para captação de luz. O fósforo é um dos nutrientes que mais influência na produtividade das culturas, sendo que a deficiência de P resulta em decréscimo da fotossíntese (BROOKS, 1986), isto ocorre provavelmente em razão do aumento da concentração de amido na folha (FREDEEN et al., 1989). Esse aumento é acompanhado pela atividade da pirofosforilase do ADPG, uma enzima regulatória chave envolvida na síntese de amido cloroplastídico (LI et al., 1998).

Estes resultados corroboram Araújo et al. (2009) que encontraram também a leitura de 60 ICF, em seu trabalho realizado em Teresina-PI, em estudos sobre coinoculação rizóbio e *Bacillus subtilis* em feijão-caupi e leucena em casa de vegetação. O menor tratamento foi 0 kg ha⁻¹ P₂O₅ com valor estimado em 54,26 ICF, está próximo ao encontrado por Santos (2014) de (52,95 ICF), para a cultivar BRS Nova Era, com o uso do ClorofiLOG, também utilizado neste trabalho, nesta mesma região.

O índice de clorofila nas folhas apresenta alta correlação com o teor de N da planta e, desta forma, a leitura com clorofilômetro é um método eficiente para a avaliação do estado nutricional das plantas (ARGENTA et al. 2001, BARBIERI JÚNIOR 2009).

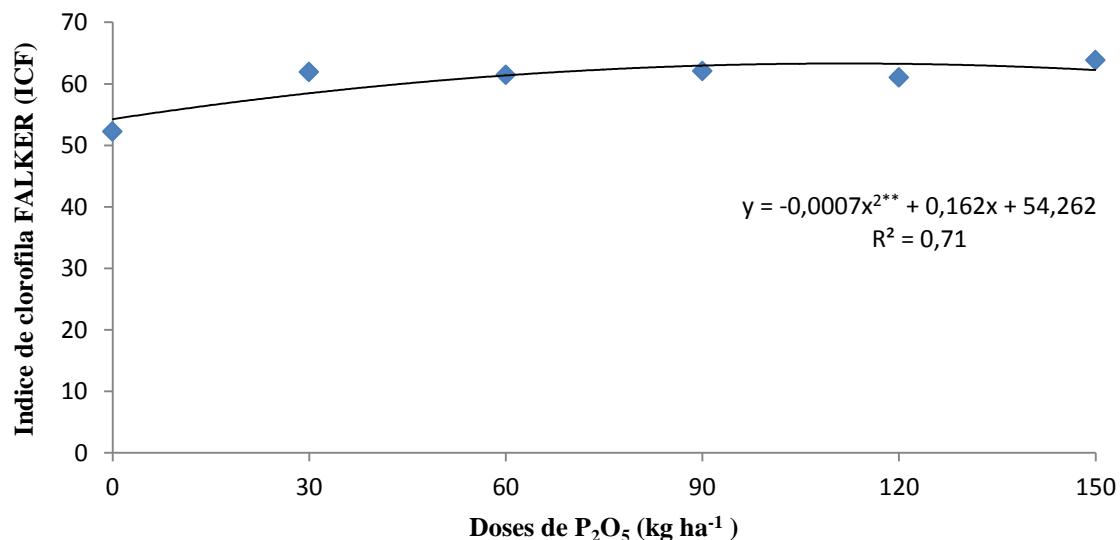


Figura 7. Clorofila de feijão-caupi BRS Nova Era, em função da análise isolada das doses de fósforo, Gurupi- TO, na safra 2014/2015.

Quanto ao efeito isolado da fonte de variação doses de fósforo, para a massa seca da parte aérea (Figura 8), o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou, apresentando coeficientes de determinação de 93%. O maior valor observado foi na dose 90 kg ha⁻¹ P₂O₅, apresentando média estimada de 43,15 g de massa seca da parte aérea, porém a menor quantidade de massa seca da parte aérea foi estimada em 8,57 g, obtida sem a aplicação de fósforo (0 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Segundo Heckrath et al. (1995), a mobilidade de P em um solo deverá aumentar com a saturação da superfície de adsorção, com a consequente diminuição da energia de ligação, o que proporciona maior dessorção de P do solo. Desta forma, a maior quantidade de P no solo em dessorção, até a dose limite de 90 kg ha⁻¹ P₂O₅, disponibilizarou mais fósforo para o desenvolvimento da parte aérea, porque o P tem função marcante na atividade da fotossíntese (FSI), no ciclo de Calvin entres outras atividades, que vão gerar carboidratos e oxigênio, essenciais para o desenvolvimento da parte aérea da planta.

Diferindo do encontrado por Araújo et al. (2009) que com adubação de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ constataram apenas 4,8 g de massa seca da parte aérea por planta, o que não aconteceu neste trabalho que apresentou 33,39 g de massa seca da parte aérea para esta mesma dose de adubação. Tal resultado pode ser explicado pelo ambiente em que

foram desenvolvidos ambos os trabalhos casa de vegetação e campo. Pois á campo a área de solo explorada pela planta é maior o que pode proporcionar maior espaço físico para a planta se desenvolver.

Fernandes et al. (2013) constataram que a adição e o aumento no teor de P no solo, aumentou a produção de massa seca da parte aérea do caupi, para doses mais baixas e teores intermediários. Porém a dose estimada de 45 kg ha^{-1} de P_2O_5 foi a que propiciou maior produção (agronômica) de massa seca da parte aérea; diferindo das doses de melhor resultados observadas no presente trabalho (Figura 8). Tal resultado pode estar relacionado à baixa disponibilidade de P no solo antes da adubação ($0,5 \text{ mg dm}^{-3}$), quando comparado ao teor inicial de P no solo do trabalho de Fernandes que foi bem superior ($23,4 \text{ mg dm}^{-3}$), o que pode ter causado um efeito de compensação. Os teores de P disponível no solo de 15 mg dm^{-3} podem ser considerados altos para a cultura do feijão-caupi, (Cravo e Souza, 2007).

Chagas Júnior et al. (2010) estudando a eficiência agronômica de estirpes de rizóbio inoculadas, observaram média de $14,22 \text{ g}$ de massa seca da parte aérea, muito diferente do resultado encontrado neste trabalho, que obteve média estimada de $31,54 \text{ g}$, com mesma cultivar e mesma região onde foi realizado este trabalho. Isto possivelmente pode estar relacionado á época de realização de ambos os experimentos, pois o de Chagas Júnior et al. (2010) foi realizado de março a maio (final do período chuvoso nesta região) isso pode ter causado um déficit hídrico neste experimento. Já este trabalho foi realizado em final de outubro a janeiro (início do período chuvoso), o que pode ter favorecido o melhor desenvolvimento da parte aérea da planta. O mesmo ocorre em Chagas Júnior et al. (2012) com 6 g de massa seca da parte aérea no tratamento adubado com $80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$.

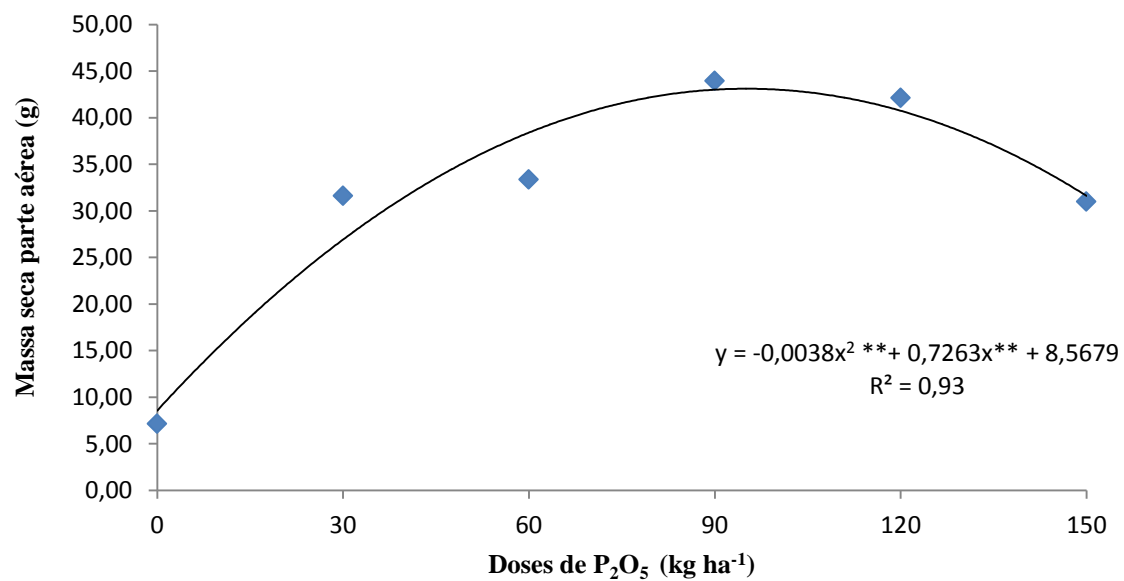


Figura 8. Massa seca da parte aérea de feijão-caupi BRS Nova Era, em função da análise isolada das doses de fósforo, Gurupi- TO, na safra 2014/2015.

4 CONCLUSÕES

A adubação fosfatada teve influência positiva nas características número de nódulos e produtividade de grãos de feijão-caupi para a região de Gurupi - TO;

Para as variáveis de número de nódulos e produtividade do feijão-caupi cv BRS Nova Era, observaram melhor ajuste da equação linear, o que demonstra potencial de resposta pela cultura à adubação fosfatada.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A.S.F.; CARNEIRO, R.F.V.; BEZERRA, A. A.C.; ARAÚJO, F.F. Coinoculação rizóbio e *Bacillus subtilis* em feijão-caupi e leucena: efeito sobre a nodulação, a fixação de N₂ e o crescimento das plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, on line, ISSN 0103-8478. 2009.

ARAÚJO, V. S.; QUEIROZ, J. V. J.; FURTADO, L. M.; ARAÚJO, A. M. S. **Efeitos de diferentes doses de nitrogênio e calcário na produção do feijão-caupi**. In: Congresso Nacional de Feijão-Caupi.1. Reunião Nacional de Feijão-Caupi. 6. Anais... Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. (Embrapa Meio-Norte, Documentos, 121). CD Rom.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; BORTOLINI, C. G. Clorofila na folha como indicador de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 715-722, 2001.

BARBIERI JÚNIOR, E. **Características estruturais, teores de clorofila e suas relações com o nitrogênio foliar e a biomassa em capim-Tifton 85**. 64 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica do fósforo com extratos de solos e plantas. **Revista Ceres**, 21:73-85, 1974.

BROOKS, A. Effects of phosphorus nutrition on ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase activation, photosynthetic quantum yield and amounts of some Calvin cycle metabolites in spinach leaves. **Australian Journal of Plant Physiology**, Collingwood, v.13, p.221-237, 1986.

CHAGAS JÚNIOR, A.F.; OLIVEIRA, A.G.; REIS, H.B.; SANTOS, G.R.; CHAGAS, L.F.B.; MILLER, L.O. Eficiência da inoculação combinada de rizóbio e *Trichoderma* spp. em diferentes cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) no cerrado (Savana Brasileira). **Revista de Ciências Agrárias**, 37(1): 20-28. 2014.

CHAGAS JÚNIOR, A.F.; RAHMEIER, W.; FIDELIS, R.R.; SANTOS, G.R.; CHAGAS, L.F.B. Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio inoculadas em feijão caupi no Cerrado, Gurupi- TO. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 709-714, out-dez, 2010.

CHAGAS JÚNIOR, A.F.; SANTOS, G.R.; REIS, H.B.; MILLER, L.O.; CHAGAS, L.F.B. Resposta de feijão-caupi a inoculação com rizóbio e *Trichoderma* sp. no cerrado, Gurupi, TO. **Revista Verde** (Mossoró – RN), v. 7, n. 2, p 242-249, abr-jun, 2012.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Perspectiva para a agropecuária. Volume 2 – Safra 2014/2015. **Perspectiva Agropecuária**, Brasília, v.2, p. 1-155 set. 2014.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Perspectiva para a agropecuária. Volume 3 – Safra 2015/2016. Produtos de Verão. **Perspectiva Agropecuária**, Brasília, v.3, p. 1-130, set. 2015.

COUTINHO, P.W.R.; SILVA, D.M.S.; SALDANHA, E.C.M.; OKUMURA, R.S.; SILVA JÚNIOR, M.L. Doses de fósforo na cultura do feijão-caupi na região nordeste do Estado do Pará. **Revista Agro@mbiente** On-line, v. 8, n. 1, p. 66-73, janeiro-abril, 2014.

CRAVO, M. S; SOUZA, B. D. L. Feijão caupi. In: CRAVO, M. S.; VIÉGAS. I. J. M.; BRASIL, E. C. (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p.147-1492007.

DECHEN. A. R.; NACHTIGALL. G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS. R. F. et al. (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa. MG: SBCS. 2007. p. 471-550. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 3 ed. rev. ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 353 p. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA AGROBIOLOGIA. STRALIOTTO, R. A Importância da Inoculação com Rizóbio na Cultura Do Feijoeiro. 2002. **Seropédica**, RJ. Disponível em http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/fbnl_inocula_feijoeiro. Acesso em setembro de 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. **Produtos, Processos e Serviços. Feijão-caupi BRS Novaera**. Brasília. 2007. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-produtos-processos-e-servicos/-/produto-servico/1451/feijao-caupi-brs-novaera>. Acesso em março de 2016.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; STONE, L. F. Resposta do feijoeiro a adubação fosfatada. In: **POTAFÓS**. Simpósio destaca a essencialidade do fósforo na agricultura brasileira. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.102, p.1-9, 2003.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA LTDA. **Manual do medidor eletrônico de clorofila ClorofiLOG CFL 1030**, Porto Alegre, 4p. 2008.

FERNANDES, A.R.; FONSECA, M.R.; BRAZ, A.M.S. Produtividade de feijão caupi em função da calagem e fósforo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 4, p. 54 – 62, 2013.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, G. B.; FERREIRA, M. M. M. Fertilidade do solo. In: ZILLI, J.E; VILARINHO, A.A.; ALVES, J.M.A. (Eds.). **A cultura do feijão-caupi na Amazônia brasileira**. Boa Vista, RR: Embrapa Roraima. p131- 183. 2009.

FREDEEN, A.L.; RAO, I.M.; TERRY, N. Influence of phosphorus nutrition on growth and carbon partitioning in Glycine max. **Plant Physiol.**, v. 89, p. 225- 230, 1989.

FREIRE FILHO, F. R.; CRAVO, M.S.; VILARINHO, A. A.; CAVALCANTE, E.S.; FERNANDES, J. B.; SAGRILO, E.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M.M.; SOUZA, F.F.; LOPES, A.M.; GONÇALVES, J. R. P.; CARVALHO, H. W. L.; RAPOSO, J. A. A.; SAMPAIO, L. S. **BRS Nova era: cultivar de feijão caupi de porte semi ereto**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 4 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 215). 2008.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 519 p. 2005.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo**. 2001. 252f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Solos e Meio Ambiente) – Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GUALTER, R.M.R.; LEITE, L.F.C.; ARAÚJO, A.S.F.; ALCANTARA, R.M.C.M.; COSTA, D.B. Inoculação e adubação mineral em feijão-caupi: efeitos na nodulação, crescimento e produtividade. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.4, p.469-474, 2008.

GUIMARAES. P. T. G. et al. Adubação do cafeeiro e a qualidade do produto colhido. Informe Agropecuário. Belo Horizonte. V. 32. n. 261. p. 39-51.mar./abr. 2011.

HARA, F.A.S.; OLIVEIRA, L.A. de. Características fisiológicas e ecológicas de isolados de rizóbios oriundos de solos ácidos e alcalinos de Presidente Figueiredo, Amazonas. **Acta Amazônica**, v.34, p.343-357, 2007.

LI, R.; VOLENEC, J.J.; JOERN, B.C.; CUNNINGHAM, S.M. Seasonal changes in nonstructural carbohydrates, protein, and macronutrients in roots of alfalfa, red clover, sweetclover, and birdsfoot trefoil. **Crop Sci.**, v. 36, p. 617- 623, 1998.

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

MELO, F. B.; CARDOSO, M. J.; SALVIANO, A. A. C. Fertilidade do solo e adubação. In: FREIRE FILHO, F.R: LIMA, J.A.A. & RIBEIRO, V. Q. (Ed). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Meio-norte, p. 228-242. 2005.

MELO, S.R.; ZILLI, J.É. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.9, p.1177-1183, set. 2009.

PEREIRA, P.M. **Taxonomia e diversidade genética de rizóbios microssimbiontes de distintas leguminosas com base na análise polifásica (BOX-PCR e 16S RNAr) e na metodologia de MLSA**. Tese (Doutorado em Microbiologia)— Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

RUMJANEK, N. G.; MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R.; NEVES, M. C. P. **Fixação biológica do nitrogênio**. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds.) **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa, p. 279-335. 2005.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; PEREIRA, E. M. Fontes e doses crescentes de P₂O₅ (fósforo) na formação do cafeeiro em solo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEETRAS. 24., 1998. Poços de Caldas. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBG/GERCA. 1998. p. 93-94.

SANTOS, M.G. **Desempenho agrônômico de feijão caupi em função do espaçamento e densidade de plantas cultivado nos sistemas de várzea irrigada e cerrado.** Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)- Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2014.

SILVA, A.J.; UCHÔA, S.C.P.; ALVES, J.M.A.; LIMA, A.C.S.; SANTOS, C.S.V.; OLIVEIRA, J.M. F. de; MELO, V.F. Resposta do feijão-caupi à doses e formas de aplicação de fósforo em Latossolo Amarelo do Estado de Roraima. **Acta Amazônica.** VOL. 40(1): 31 – 36. 2010.

SILVA, R.T.L.; ANDRADE, D.P.; MELO, É.C.; PALHETA, E.C.V.; GOMES, M.A.F. Inoculação e adubação mineral na cultura do feijão – caupi em latossolos da Amazônia oriental. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 4, p. 152-156, 2011.

SILVA, V. N.; SILVA, L. E. S. F.; FIGUEIREDO, V. B. Atuação de rizóbio com rizobactéria promotora de crescimento em plantas na cultura do caupi (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 03, p. 407-412, 2006.

SILVA, W.C.; MOURA, J.G.; BRITO, L.L.M.; NICOLAU, F.E.A.; CAMARA, F.T. Produtividade de feijão-caupi submetido a diferentes manejos do solo e níveis de adubação mineral. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p.2459. 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; CRAVO, M. S.; SILVA, A. J.; MELO, V. F.; ZHANG, W.T.; YANG, J.K.; YUAN, T.Y.; ZHOU, J.C. Genetic diversity and phylogeny of indigenous rhizobia from cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. **Biology and Fertility of Soils**, v.44, p.201-210, 2007.

ZILLI, J.É.; MARSON, L.C.; MARSON, B.F.; RUMJANEK, N.G.; XAVIER, G.R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 04, p. 749-758, 2009.

ZILLI, J.É.; XAVIER, G.R.; RUMJANEK, N.G. **BR 3262: Nova estirpe de *Bradyrhizobium* para a inoculação de feijão-caupi em Roraima.** Boa Vista: Embrapa Roraima, 2008. 7p. (Embrapa Roraima. Comunicado técnico, 10).

ZUCARELI, C. **Adubação fosfatada, produção e desempenho em campo de sementes de feijoeiro CV. Carioca Precoce e IAC Carioca Tybatã.** 2005. 183f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.