



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

EVALDO MORAIS DA SILVA

**EFICÊNCIA DE ESTIRPES RIZOBIANAS SOB DOSES DE FÓSFORO EM DUAS
CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI**

**GURUPI - TO
2017**



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

EVALDO MORAIS DA SILVA

**EFICÊNCIA DE ESTIRPES RIZOBIANAS SOB DOSES DE FÓSFORO EM DUAS
CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI**

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
2017**

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

- S586e Silva, Evaldo Morais da.
Eficiência de estirpes rizobianas sob doses de fósforo em duas cultivares de feijão-caupi. / Evaldo Morais da Silva. – Gurupi, TO, 2017.
66 f.
- Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Produção Vegetal, 2017.
- Orientador: Manoel Mota dos Santos
1. Vigna unguiculata. 2. Fixação Biológica. 3. Nodulação. 4. Produtividade.
- 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

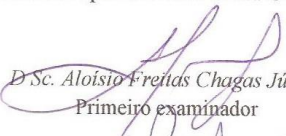


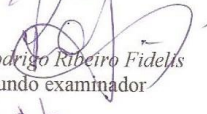
Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal


Defesa nº 03

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

Aos 03 dias do mês de julho do ano de 2017, às 08:00 horas, na Sala de defesa do programa de pós graduação em produção vegetal, 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. Aloísio Freitas Chagas Júnior do Campus Universitário de Gurupi Universidade Federal do Tocantins e D Sc. Rodrigo Ribeiro Fidelis 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 EVALDO MORAIS DA SILVA, intitulada "EFICÊNCIA DE ESTIRPES RIZOBIANAS SOB DOSES DE FÓSFORO EM DUAS CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo parecer favorável à aprovação, habilitando-o 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.


D.Sc. Aloísio Freitas Chagas Júnior
Primeiro examinador


D.Sc. Rodrigo Ribeiro Fidelis
Segundo examinador


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

Gurupi, 03 de julho de 2017.


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

DEDICATÓRIA

Quero dedicar, primeiramente a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa e árdua caminhada. Dedico esta, bem como todas as minhas demais conquistas, a minha esposa Ingrid ao meu filho João Miguel que se tornou meu combustível para conquistar cada vez mais os meus objetivos, aos meus amados pais, Domingos Pereira da Silva e Dalziza Moraes da Silva e a minha querida irmã Maria, que sempre acreditaram em mim e nos meus sonhos nunca mediram esforços para concretização dos meus sonhos, e tenho certeza de que sem vocês nada disso seria possível. “O rio atinge seus objetivos porque aprendeu a contornar obstáculos”. Lao-Tsé

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da sabedoria e pelo dom da vida, pois quem confia no senhor é como os montes de Sião , não se abalam e permanecem para sempre.

A minha esposa Ingrid Oliveira Vieira meu amado filho João Miguel.

Aos meus pais Domingos Pereira da Silva e Dalziza Morais da Silva por estarem sempre ao meu lado, me incentivando, apoiando em todos os momentos da minha vida, mãe suas orações fazem de mim um guerreiro, pai seus conselhos só me fazem crescer.

A minha querida irmã Maria, pelo incentivo, apoio ao longo de toda minha vida acadêmica.

A todos os irmãos da Igreja Cristã que acolheu minha família de braços abertos contribuindo de forma direta e indireta no meu desenvolvimento acadêmico e social.

Aos meus amigos de trabalho em especial aos da “Agenda Verde’ devido uma maior convivência”.

À Universidade Federal pela contribuição na realização deste trabalho.

Ao meu orientador Prof. D Sc. Manoel Mota dos Santos, que além de me orientar, sempre me ajudou não só nos ensinamentos acadêmicos mais pessoais também.

Ao Profº. D Sc. Aloisio Freitas Chagas junior pelo acolhimento no laboratório de Microbiologia e fitopatologia.

Ao Profº. D Sc. Rodrigo Ribeiro Fidelis pela colaboração de reagentes e claro pelos ensinamentos .

Aos demais Professores do Programa de Pos- Graduação em Produção Vegetal.

Aos meus queridos amigos Antônio Carlos, Otávio, Kleyciane, Carlos Augusto, Gilberto, Adriano, André Gonçalves, Flávio Mendes, Rodrigo Robson.

Aos amigos do Futebol (pelada de sábado na UFT).

Aos amigos do grupo de pesquisa NEF, Mauro, Gilberto, Valéria, Tânia, Fabio, Marcus, Dayara e em especial minha querida amiga Weslany que nunca mediu esforços para me ajudar, dedicação e empenho durante os dois anos de pesquisa..

Aos amigos da minha cidade Diego, Rufino, Mael, Machim, Deusilene, Iramita pelo apoio e incentivo.

Aos amigos Técnicos Administrativos, Cidinha, Angela, Jaci, Túlio.

A todos que contribuíram direta e indiretamente para esta conquista.

RESUMO DA DISSERTAÇÃO

Eficiência de estirpes rizobianas sob doses de fósforo em duas cultivares de feijão-caupi.

O feijão caupi, através da simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, pode obter nitrogênio através do processo de fixação biológica do N₂ (FBN). 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. Objetivou-se com esse trabalho, avaliar o rendimento de cultivares de feijão caupi em função das estirpes fixadora de nitrogênio associada ou não a adubação fosfatada, no sul do estado do Tocantins em condições de casa de vegetação e em campo. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação e a campo, um com a cultivar de feijão-caupi, BRS Nova Era e o outro BRS Sempre Verde, com 4 estirpes de rizóbio mais um tratamento sem bactéria, associadas ou não a 6 doses de fósforo. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, disposto em esquema fatorial 5 x 6. A campo os tratamentos foram dispostos em um delineamento experimental blocos casualizados sob arranjo fatorial 3 x 6, sendo o primeiro fator duas estirpes de rizóbio e um tratamento sem e o segundo fator seis doses de P₂O₅ com 4 repetições. As doses consistiram de 0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, aplicadas na semeadura. As características avaliadas em casa de vegetação foram: altura de planta, diâmetro de colo, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, número de nódulos, massa seca dos nódulos. As características avaliadas em campo foram: clorofila total, massa seca da parte aérea, peso de cem sementes, produtividade e nitrogênio total na parte aérea. As estirpes estudadas associadas ou não as doses de fósforo proporcionaram acréscimo na altura de planta, diâmetro de colmo, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz para as duas cultivares de feijão-caupi estudadas BRS Nova Era e BRS Sempre Verde. Para os experimentos de campo a cv. BRS Sempre Verde a estirpe mais indicada é INPA 03-11B; para a cv. BRS Vinagre a estirpe BR 3299 foi mais eficiente. A dose de fósforo que condicionou a máxima eficiência agrônômica variou de 70 a 110 kg ha⁻¹.

Palavras chave: *Vigna unguiculata*; fixação biológica; nodulação; produtividade.

ABSTRACT OF DISSERTATION

Efficiency of rhizobia strains under doses of phosphorus in two cultivars of cowpea.

Cowpea beans, through symbiosis with bacteria of the genus *Bradyrhizobium*, can obtain nitrogen through the biological fixation process of N_2 (BNF). Nodulation and BNF are influenced by edaphoclimatic factors that can bring benefits or losses to the process. The availability of nutrients is among the main factors influencing BNF and, among the main nutrients that influence this process, phosphorus is cited. The objective of this work was to evaluate the yield of cowpea cultivars as a function of nitrogen fixing strains associated or not with phosphate fertilization, in the southern state of Tocantins under greenhouse conditions and in the field. The experiments were conducted in a greenhouse and in the field, one with the cowpea bean cultivar BRS Nova Era and the other BRS Sempre Verde with four strains of rhizobium plus a treatment without bacteria, associated or not to 6 doses of phosphorus. The experimental design was a randomized block design, arranged in a factorial scheme 5 x 6. In the field treatments were arranged in a randomized block design under a factorial arrangement 3 x 6, the first factor being two strains of rhizobia and A treatment without and the second factor six doses of P_2O_5 with 4 replicates. The doses consisted of 0, 30, 60, 90, 120 and 150 $kg\ ha^{-1}$ of P_2O_5 , applied at sowing. The characteristics evaluated in greenhouse were plant height, diameter of lap, dry mass of shoot, dry mass of roots, number of nodules, dry mass of nodules. The characteristics evaluated in the field were: total chlorophyll, shoot dry mass, weight of one hundred seeds, productivity and total nitrogen in shoot. The strains studied, whether or not associated with phosphorus doses, increased plant height, stem diameter, dry shoot mass, root dry mass for the two bean cultivars BRS Nova Era and BRS Sempre Verde. For the field-to-cv. BRS sempre verde the most indicated strain is INPA 03-11B; For cv. BRS Vinagre strain BR 3299 was more efficient. The dose of phosphorus that conditioned the maximum agronomic efficiency ranged from 70 to 110 $kg\ ha^{-1}$.

Keywords: *Vigna unguiculata*; biological fixation; nodulation; productivity.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	13
OBJETIVO GERAL	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
RESUMO - Capítulo 1	19
ABSTRACT – Chapter 1	20
1 INTRODUÇÃO	21
2 MATERIAL E MÉTODOS	22
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4 CONCLUSÕES.....	37
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
RESUMO – Capítulo 2.....	41
ABSTRACT – Chapter 2	42
1 INTRODUÇÃO	43
2 MATERIAL E MÉTODOS	45
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4 CONCLUSÕES.....	62
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para as variáveis estudadas de plantas de feijão-caupi, BRS Nova Era e BRS Sempre, em função das estirpes submetidas ou não a seis doses de fósforo em casa de vegetação. Gurupi – Tocantins, 2015.

Capítulo 2

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para as variáveis estudadas de plantas de feijão-caupi, BRS Sempre e BRS Vinagre, em função das estirpes rizobianas submetidas ou não a seis doses de fósforo em campo. Gurupi – Tocantins, ano 2016.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura – 1 Altura de planta de feijão-caupi, BRS Nova Era, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P_2O_5 no município de Gurupi- TO, 2015.

Figura – 2 Altura de planta de feijão-caupi, BRS Sempre Verde, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P_2O_5 no município de Gurupi- TO, 2015.

Figura – 3 Diâmetro de colo de planta de feijão-caupi, BRS Nova Era, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P_2O_5 no município de Gurupi- TO, 2015.

Figura – 4 Diâmetro de colo de planta de feijão-caupi, BRS Sempre Verde, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P_2O_5 no município de Gurupi- TO, 2015.

Figura – 5 Massa seca da parte aérea de planta de feijão-caupi, BRS Nova Era, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P_2O_5 no município de Gurupi- TO, 2015.

Figura – 6 Massa seca da parte aérea de planta de feijão-caupi, BRS Sempre Verde, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P_2O_5 no município de Gurupi- TO, 2015.

Figura – 7 Massa seca das raízes de planta de feijão-caupi, BRS Nova Era, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P_2O_5 no município de Gurupi- TO, 2015.

Figura – 8 Massa seca das raízes de planta de feijão-caupi, BRS Sempre Verde, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P_2O_5 no município de Gurupi- TO, 2015.

Figura – 9 Número de nódulos de planta de feijão-caupi, BRS Nova Era, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P_2O_5 no município de Gurupi- TO, 2015.

Figura – 10 Número de nódulos de planta de feijão-caupi, BRS Sempre Verde, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P_2O_5 no município de Gurupi- TO, 2015.

Figura – 11 Massa seca de nódulos de planta de feijão-caupi, BRS Nova Era, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P_2O_5 no município de Gurupi- TO, 2015.

Figura – 12 Massa seca de nódulos de planta de feijão-caupi, BRS Sempre Verde, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P_2O_5 no município de Gurupi- TO, 2015.

Capítulo 2

Figura - 1 Temperatura média, umidade e precipitação, medidas a cada sete dias, no período da realização do experimento, no ano 2016, no município de Gurupi- TO.

Figura – 2 Índice de clorofila de planta feijão-caupi, BRS Sempre Verde, em função das bactérias associadas às doses crescentes de P_2O_5 , no município de Gurupi- TO, no ano 2016.

Figura – 3 Índice de clorofila de planta feijão-caupi, BRS Vinagre, em função das bactérias associadas às doses crescentes de P_2O_5 , no município de Gurupi- TO, no ano 2016.

Figura – 4 Massa seca da parte aérea de planta feijão-caupi, BRS Sempre Verde, em função das bactérias associadas às doses crescentes de P_2O_5 , no município de Gurupi- TO, no ano 2016.

Figura – 5 Massa seca da parte aérea de planta feijão-caupi, BRS Vinagre, em função das bactérias associadas às doses crescentes de P_2O_5 , no município de Gurupi- TO, no ano 2016.

Figura – 6 Peso de cem sementes de planta feijão-caupi, BRS Sempre Verde, em função das bactérias associadas às doses crescentes de P_2O_5 , no município de Gurupi- TO, no ano 2016.

Figura – 7 Peso de cem sementes de planta feijão-caupi, BRS Vinagre, em função das bactérias associadas às doses crescentes de P_2O_5 , no município de Gurupi- TO, no ano 2016.

Figura – 8 Nitrogênio total de planta feijão-caupi, BRS Sempre Verde, em função das bactérias associadas às doses crescentes de P_2O_5 , no município de Gurupi- TO, no ano 2016.

Figura – 9 Nitrogênio total de planta feijão-caupi, BRS Vinagre, em função das bactérias associadas às doses crescentes de P_2O_5 , no município de Gurupi- TO, no ano 2016.

Figura – 10 Produtividade de planta feijão-caupi, BRS Sempre Verde, em função das bactérias associadas às doses crescentes de P_2O_5 , no município de Gurupi- TO, no ano 2016.

Figura – 11 Produtividade de planta feijão-caupi, BRS Vinagre, em função das bactérias associadas às doses crescentes de P_2O_5 , no município de Gurupi- TO, no ano 2016.

INTRODUÇÃO GERAL

O feijão caupi [*Vigna unguiculata*(L.) Walp.] é uma das leguminosas mais adaptadas, versáteis e nutritivas entre as espécies cultivadas, sendo um importante alimento devido às suas elevadas concentrações de proteínas e aminoácidos além da sua eficácia na fixação de N₂ atmosférico quando inoculado com rizóbio, e constitui um componente alimentar básico das populações rurais e urbanas das regiões Norte e Nordeste (SINGH et al., 2002; FREIRE FILHO et al., 2011).

Os fatores responsáveis pela sua versatilidade em sistemas de produção são a tolerância a estresse hídrico, pouca exigência quanto à fertilidade do solo e capacidade de fixação do nitrogênio atmosférico (FREIRE FILHO et al., 2005)

Constata-se que o cultivo do feijão-caupi está se expandindo também nos Cerrados, principalmente por sua compatibilidade com o sistema de rotação de cultura e também como cultura principal (ZILLI et al., 2006). Quando cultivado na forma de safrinha, geralmente tem um custo de produção baixo, fator que tem aumentado o interesse dos produtores pela cultura. Além disso, a produção é de alta qualidade, o que possibilita sua boa aceitação por parte de comerciantes, agroindústria, distribuidores e consumidores, principalmente, os estabelecidos nas regiões Norte e Nordeste (FREIRE FILHO et al., 2011).

Apesar do N₂ compreender cerca de 70 a 80% da atmosfera e ser considerado o segundo maior fator limitante para produção agrícola, não pode ser utilizado diretamente pelas plantas superiores. Esta contradição é devida à molécula do azoto (N₂) ser bastante estável e ao fato de que apenas alguns organismos procariotos serem capazes de reduzi-lo numa fórmula disponível para as plantas.

O nutriente que mais limita o desenvolvimento da planta de feijão, independente de qual espécie, é o nitrogênio, sendo fator determinante na produtividade do feijoeiro. A resposta à utilização desse macronutriente tem sido positiva de forma generalizada no país. Estudos buscam uma alternativa para reduzir o uso de nitrogênio industrializado na cultura (XAVIER et al., 2008).

Em geral as cultivares de feijão-caupi apresentam ciclo curto e se desenvolve bem em diferentes condições de clima e solo, possuindo relativa capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico em simbiose com as bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, podendo em muitos casos fornecer todo nitrogênio necessário para a cultura produzir satisfatoriamente, reduzindo, portanto, os gastos com adubos e barateando os custos de produção (GUEDES et al., 2010).

O feijão-caupi, através da simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, pode obter N através do 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 que, quando bem nodulado, pode atingir altos níveis de produtividade (RUMJANEK et al., 2005).

Porém, em regiões de Cerrado, como o Cerrado tocantinense, o uso de inoculante na cultura do feijão-caupi ainda é muito limitado, necessitando de estudos de avaliação da fixação biológica do N₂ nesta cultura e da eficiência agrônômica das estirpes de rizóbios nas condições de clima e solo desta região (CHAGAS JUNIOR et al., 2014).

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 (P) (SILVA et al., 2010), sendo ainda importante para o estabelecimento de nodulação, pois o P auxilia na nodulação pela transferência de energia na forma de Adenosina Trifosfato - ATP e aumenta o número de pelos radiculares proporcionando mais sítios de infecção para as bactérias fixadoras de N₂ (OKELEYE e OKELANA, 1997).

Segundo Singh et al. (2011) para o feijão caupi, o fósforo tem proporcionado frequentes respostas, e sua disponibilidade no solo aumenta a intensidade de nodulação e, assim a fixação de nitrogênio, resultando em maior produtividade; entretanto sua deficiência pode afetar negativamente o crescimento das plantas e sua produção. Segundo Nyoki e Ndakidemi (2013) é reconhecida a importância do fósforo na melhoria do estado nutricional das leguminosas, pois melhora a eficiência da simbiose Rizóbio e leguminosa, aumentando o número de nódulos, rendimento e produtividade de feijão-caupi. Silva et al. (2010) avaliando a fixação biológica do N₂ em feijão-caupi sob diferentes doses e fontes de fósforo solúvel verificaram que existe efeito favorável do P no crescimento do sistema radicular e que adubação com P favoreceu o processo de FBN.

A seleção de estirpes que combinem eficiência na fixação de N₂, adaptação a diferentes condições edafoclimáticas e alta competição por sítios de infecção nodulares é importante para a produção de inoculantes (LACERDA et al., 2004). Segundo Chagas Junior et al. (2010) em experimento em Gurupi- TO, avaliando a eficiência agrônômica de algumas cultivares de feijão-caupi observou que todas as estirpes inoculadas apresentaram nodulação superior aos tratamentos adubado e testemunha.

Além das diferenças entre os microssimbiontes, também há relatos de que determinados genótipos de feijão caupi apresentam maior capacidade de nodulação e

eficiência na FBN (KOUYATÉ et al., 2014) indicando a possibilidade de otimização das respostas quanto à FBN com o uso de cultivares eficientes, ou mesmo com a implementação de programas de melhoramento vegetal para a FBN (SANGINGA et al., 2000; FALL et al., 2003; XAVIER et al., 2006).

OBJETIVO GERAL

Objetivou-se com esse trabalho avaliar a eficiência de estirpes rizobianas associadas ou não a doses de fósforo em duas cultivares de feijão-caupi, no sul do estado do Tocantins e avaliar o teor de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi.

Este trabalho está dividido em capítulos: em que o primeiro corresponde ao ensaio em casa de vegetação avaliando a biomassa das cultivares de feijão caupi BRS Nova Era e BRS Sempre Verde em função das estirpes de rizóbio associadas ou não as doses de fósforo no ano de 2015.

O segundo capítulo corresponde ao ensaio a campo avaliando o desempenho agrônômico das cultivares de feijão caupi BRS Sempre Verde e BRS vinagre em função das estirpes de rizóbio associadas ou não as doses de fósforo, no ano de 2016.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHAGAS JR, A. F.; RAHMEIER, W.; FIDELIS, R. R.; DOS SANTOS, G. R. E BORGES CHAGAS, L. F. Eficiência agronômica de estirpes de rizóbio inoculadas em feijão caupi no Cerrado, Gurupi-TO. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 709-714, 2010.
- CHAGAS JUNIOR, 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**, v.37, n. 1, p. 20-28, 2014.
- FALL, L.; DIOUF, D.; FALL- NDIAYE, M.A.; BADIANE, F.A.; GUEYE, M. Genetic diversity in cowpea [*Vigna iculata* (L.) Walp.] varieties determined by ARA and RAPD techniques. **African Journal of Biotechnology**, v.2, n. 3, p.48-50, 2003.
- 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**, v. 37, n. 8, p. 1145-1150, 2002.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; SILVA, K.J.D.; NOGEUIRA, M.S.R.; RODRIGUES, E.V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. 1 ed. Teresina : Embrapa Meio-Norte, 2011.
- FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. Feijão-caupi: avanços tecnológicos. 1 ed. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2005.
- GUEDES, G.N.; SOUZA, A.S.; LIMA, A.S.; ALVES, L.S. Eficiência agronômica de inoculantes em feijão-caupi no Município de pombal – PB. **Revista Verde**, v. 5, n. 4, p. 82 – 89, 2010.
- KOUYTÉ, Z.; KRASOVA WADE, T.; YATTARA, T.I.; NEYRA, M. Effects of cropping system and Cowpea variety (*Vigna unguiculata* L. Walp) on the diversity of native cowpea bradyrhizobia and millet yield in the Sudano Sahelian zone of Mali. **International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science**, v. 4 n. 2, p. 30-39, 2014.
- LACERDA, A.M.; MOREIRA, F.M.S.; ANDRADE, M.J.B.; SOARES, A.L.L. Efeito de estirpes de rizóbio sobre a nodulação e produtividade do feijão caupi. **Revista Ceres**, v. 51, n. 293, p. 67-82, 2004.
- NYOKI, D.; NDAKIDEMI, P.A. Economic benefits of *Bradyrhizobium japonicum* inoculation and phosphorus supplementation in cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp) grown in northern Tanzania. **American Journal of Research Communication**, v. 1, n. 11, p. 173-189, 2013.
- 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, n. 1, p. 10-12, 1997.

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.

SANGINGA, N.; LYASSE, O.; SINGH, B.B. Phosphorus use efficiency and nitrogen balance of cowpea breeding lines in a low P soil of the derived savanna zone in West Africa. **Plant and Soil**, v. 220, n. 1-2, p.119-128, 2000.

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**, v. 26, n. 3, p. 394-402, 2010.

SINGH, A.; BAOULE, A.; AHMED, H.; DIKKO A, ALIYU, U.; SOKOTO,M.; ALHASSAN, .; MUSA, M.; HALIRU,B. Influence of phosphorus on the performance of cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) varieties in the Sudan savanna of Nigeria. **Agricultural Sciences**, v. 2, n. 3, p.313-317, 2011.

SINGH, B.B.; EHLERS, J.D.; SHARMA, B.; FREIRE FILHO, F.R. Recent progress in cowpea breeding. In Fatokun, C.A; TARAWALI, S.A.; SINGH, B.B.; KORMAWA, P.M.; TAMÒ, M. Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, p. 22-40, 2002.

XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M. V.; RIBEIRO, J. R. A.; RUMJANEK, N. G. Especificidade simbiótica entre rizóbios e acessos de feijão-caupi de diferentes nacionalidades. **Caatinga**, v. 19, n. 6, p. 25-33, 2006.

XAVIER, T. F.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B.; CAMPOS, F. L. Influência da inoculação e adubação nitrogenada sobre a nodulação e produtividade de grãos de feijão-caupi. **Ciência Rural**, v. 38, n. 7, p. 2037-2041, 2008.

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**, v. 41, n. 5, p.811-818, 2006.

RESUMO - Capítulo 1

Eficiência de estirpes rizobianas sob doses de fósforo em duas cultivares de feijão-caupi, em casa de vegetação.

O uso da adubação nitrogenada vem sendo cada vez mais descartada em detrimento de vários fatores um deles é a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) que é realizada por bactérias conhecidas como rizóbios as quais estabelecem associações com plantas e fornecem nitrogênio fixado da atmosfera (N_2) para o hospedeiro principalmente com leguminosas. O feijão-caupi é uma cultura com alto potencial a ser explorado e que responde bem à inoculação com estirpes de rizóbio previamente selecionadas. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a biomassa de cultivares de feijão caupi em função das bactérias fixadora de nitrogênio submetidas ou não as doses de fósforo. Foram conduzidos dois ensaios em casa de vegetação, sendo um com a cultivar de feijão-caupi BRS Nova Era e outro com cv BRS Sempre Verde, com quatro estirpes de rizóbio associadas ou não a seis doses de fósforo. O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados com cinco repetições, disposto em esquema fatorial 5 x 6, onde o primeiro fator corresponde a 4 estirpe de rizóbio INPA 03-11B; R 48; BR 3277; BR 3299 mais um sem bactéria, o segundo fator a seis doses de adubo fosfatado: 0; 30; 60; 90; 120 e 150 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 totalizando 30 tratamentos. As características avaliadas em casa de vegetação foram altura de planta, diâmetro de colo, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, número de nódulos, massa seca dos nódulos. As estirpes submetidas às doses de fósforo ou não proporcionaram acréscimo na altura de planta, diâmetro de colo, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz para as duas cultivares de feijão-caupi estudadas BRS Nova Era e BRS Sempre Verde. As estirpes que proporcionaram os melhores efeitos para as características de biomassa de modo geral foram: a INPA 03-11B, bem como, a estirpe BR 3299 para a cultivar Nova Era, para cultivar Sempre Verde a bactéria INPA 03-11B foi a que condicionou maior biomassa de modo geral. As doses de fósforo que apresentaram a máxima eficiência agrônômica para as duas cultivares quando associadas as estirpes avaliadas variaram de 50 a 80 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 para a maioria das variáveis estudadas nesse trabalho.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*; fixação biológica, P_2O_5 .

ABSTRACT - Chapter 1

Efficiency of rhizobial strains under doses of phosphorus in two cultivars of cowpea, under greenhouse conditions.

The use of nitrogen fertilization is increasingly being discarded to the detriment of several factors. One of them is the Biological Fixation of Nitrogen (BNF), which is performed by bacteria known as rhizobia, which establish associations with plants and provide nitrogen fixed to the atmosphere (N_2) To the host mainly with legumes. Cowpea is a crop with high potential to be exploited and responds well to inoculation with previously selected strains of rhizobia. The objective of this work was to evaluate the biomass of cowpea cultivars as a function of nitrogen fixing bacteria submitted or not to phosphorus doses. Two trials were carried out under greenhouse conditions, one with BRS Nova Era cowpea cultivar and another with BRS Sempre Verde, with four rhizobia strains associated or not with six doses of phosphorus. The experiment was installed in a randomized complete block design with five replicates, arranged in a factorial scheme 5 x 6, where the first factor corresponds to 4 rhizobia strain INPA 03-11B; R 48; BR 3277; BR 3299 plus one without bacteria, the second factor to six doses of phosphate fertilizer: 0; 30; 60; 90; 120 and 150 kg ha⁻¹ of P₂O₅ totaling 30 treatments. The characteristics evaluated in greenhouse were plant height, stem diameter, dry shoot mass, dry mass of the roots, number of nodules, dry mass of the nodules. Strains submitted to phosphorus doses or did not provide increase in plant height, shoot diameter, dry shoot mass, root dry mass for the two cultivars of BRS Nova Era and BRS Sempre Verde. The strains that provided the best effects for the biomass characteristics in general were: INPA 03-11B, as well as, the strain BR 3299 for the cultivar Nova Era, to cultivate Evergreen the bacterium INPA 03-11B was the one that conditioned Biomass in general. Phosphorus doses that presented the maximum agronomic efficiency for the two cultivars when associated with the strains evaluated ranged from 50 to 80 kg ha⁻¹ of P₂O₅ for most of the variables studied in this study.

Keywords: *Vigna unguiculata*; Biological fixation, P₂O₅.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil o cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma das alternativas para geração de empregos em populações de baixa renda, sendo cultivado basicamente em pequenas propriedades das regiões norte e nordeste como atividade de subsistência, embora, já esteja sendo explorado em grandes áreas com adoção de tecnologias (BASTOS et al., 2012). Essa cultura também tem se tornado atrativo para o agronegócio, com cultivos em grandes lavouras, sobretudo na safrinha, após o cultivo de soja ou milho (CRAVO et al., 2009).

Devido ao ciclo curto e ao volume de solo explorado pelas raízes de feijoeiro, a baixa disponibilidade de nutrientes no solo é um dos principais fatores limitantes da produtividade. Devido o alto teor de N nos grãos e demais tecidos, este é o nutriente mais extraído e exportado pela planta que tem como fontes: matéria orgânica, fertilizantes nitrogenados, via precipitação e a fixação biológica de N₂ (OLIVEIRA, 2013).

Apesar da sua importância o uso da adubação nitrogenada vem sendo cada vez mais descartada em detrimento de suas altas perdas no solo por lixiviação, volatilização e imobilização e pela introdução de novas tecnologias mais eficientes e menos agressivas ao meio ambiente.

Uma das alternativas é a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) que é realizada por bactérias conhecidas como rizóbios as quais estabelecem associações com plantas e fornecem nitrogênio fixado da atmosfera (N₂) para o hospedeiro principalmente com leguminosas.

O feijão-caupi tem se mostrado bastante eficiente em relação a essa tecnologia de baixo custo. No entanto, vários fatores podem influenciar nesse processo biológico como fatores, edáficos e climáticos, além daqueles relacionados com a planta hospedeira e com população nativa de bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em leguminosas limitando a FBN (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Esses fatores limitantes podem atuar sobre a bactéria e sobre o hospedeiro, afetando a simbiose, e seus efeitos também podem variar, dependendo das espécies de simbiontes envolvidas. Os fatores abióticos alteram quantitativa e qualitativamente a população de rizóbio no solo (ANTÓN, 2004; FIGUEIREDO et al., 2007).

Dentre os fatores edáficos um dos que vem sendo estudado com bastante ênfase é adubação fosfatada que além de participar de vários processos fisiológicos nas plantas auxilia na nodulação e conseqüentemente otimiza o processo da FBN. O P desempenha importante papel nas plantas, pois participa da constituição do ATP e de enzimas; quando em baixos teores no solo, a planta tem seu crescimento prejudicado (KIMANI e DERERA, 2009).

Segundo Pastorini et al. (2000) para o feijão caupi, o fósforo tem proporcionado frequentes respostas, e sua baixa disponibilidade no solo, afeta negativamente o crescimento das plantas e sua produção.

Objetivou-se com esse trabalho avaliar a biomassa de cultivares de feijão caupi em função das estirpes rizobianas associadas ou não a doses de fósforo, no sul do estado do Tocantins.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na estação Experimental da Universidade Federal do Tocantins, campus universitário 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) com vasos de 4 litros de volume.

Antes da semeadura, coletou-se uma amostra de solo composta e realizou-se a caracterização física e química, onde foram encontrados os seguintes valores: 0,3 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de Ca; 0,2 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de Mg; 0,04 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de K; 0,05 mg dm^{-3} de P; 0,00 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de Al; 2,59 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de CTC; 0,54 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de SB; 21% de V; pH 5,3 em CaCl_2 ; matéria orgânica 1,1 dag kg^{-1} ; areia 435 g kg^{-1} ; silte 50 g kg^{-1} ; argila 515 g kg^{-1} .

Foram conduzidos dois ensaios em casa de vegetação, sendo um com a cultivar de feijão-caupi BRS Nova Era e outro com cv BRS Sempre Verde, com quatro estirpes de rizóbio associadas ou não a seis doses de fósforo. O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados com cinco repetições, disposto em esquema fatorial 5 x 6, onde o primeiro fator corresponde a 4 estirpe de rizóbio INPA 03-11B; R 48; BR 3277; BR 3299 mais um sem bactéria, o segundo fator a seis doses de adubo fosfatado: 0; 30; 60; 90; 120 e 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 totalizando 30 tratamentos.

Após crescimento em meio YMA (extrato de levedura, manitol, agar) por cinco dias, foram suspensas individualmente em solução salina (0,2% MgSO_4) e adicionadas na concentração de 10^9 células mL^{-1} cada, às sementes duas horas antes da semeadura, sendo utilizada 50 mL kg^{-1} de semente.

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-

Metfílico) e Fenilpiridinilamina (precursor de Fluazinam), com recomendações para a cultura de 145 a 180 ml para 100 kg de sementes.

Foi feita a adubação complementar de 50 kg ha⁻¹ de K₂O usando como fonte de adubo cloreto de potássio e de 20 kg ha⁻¹ de N com fonte ureia para adubação nitrogenada na semeadura.

A semeadura foi realizada de forma manual, com quatro sementes por vasos posteriormente foi realizado o desbaste das plantas 10 dias após a emergência, mantendo uma densidade final de duas plantas por vaso. Aos 45 dias após a emergência (45DAE), o experimento foi encerrado com mensurações das seguintes características: altura da planta, diâmetro do colo, massa seca da parte aérea, massa seca radicular, massa seca de nódulos e número de nódulos.

O diâmetro do colo foi obtido com paquímetro digital e a altura com régua milimétrica, tomando-se como padrão a gema terminal (meristema apical). A quantificação da massa seca da parte aérea, massa seca do sistema radicular e de nódulos, foi realizada através da pesagem das partes vegetais em (gramas), após a secagem em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C, por um período de aproximadamente 72 h, até atingir peso constante.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância realizada por meio do teste F e quando significativas utilizou-se regressão, a seleção dos modelos foram baseadas na significância dos betas e no maior coeficiente de determinação (R²), foi utilizado o erro padrão da média para diferenciar as cepas avaliadas. Para plotagem dos gráficos foi utilizado o programa Sigma Plot versão 10.0 e para os dados estatísticos o programa computacional SISVAR (sistema de análise estatística para microcomputadores) (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 observou-se que houve interação significativa entre os fatores estudados para todas as variáveis, tanto para cv BRS Nova Era como cv BRS Sempre Verde. Indicando que as estirpes estudadas influenciaram de forma diferenciada no comportamento das cultivares quando submetidas às doses de fósforo.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para as variáveis estudadas de plantas de feijão-caupi, BRS Nova Era e BRS Sempre, em função das estirpes submetidas ou não a seis doses de fósforo em casa de vegetação. Gurupi – Tocantins, 2015.

FONTE DE VARIACÃO	GL	Quadrado Médio					
		AP (cm)	DC(mm)	MSPA(g)	MSR(g)	NN (uni)	MSN(g)
Ensaio 1: cv BRS Nova Era							
Bloco	4	0,4516	0,2585	0,0034	0,00016	0,0639	0,00000
Inoculante	4	217,3706**	4,9118**	2,6099**	0,1306**	103,8061**	0,000942**
Doses de P ₂ O ₅	5	200,3878**	0,6059**	1,0162**	0,1272**	57,8738**	0,0004**
Inoculante x Doses de P ₂ O ₅	20	17,6179**	0,2177**	0,1495**	0,0150**	31,6470**	0,0002**
Resíduo		0,0341	0,0122	0,0022	0,00014	0,0466	7,3020E ⁻⁰⁰²³
Média		24,78	3,9852	0,9082	0,4101	3,0923	0,0093
CV		0,75	2,77	5,19	2,92	6,98	0,0000
Ensaio 2: cv BRS Sempre Verde							
Bloco	4	0,9818	0,1877	0,0246	0,0160	0,0135	0,000017
Inoculante	4	762,2096**	5,2236**	5,2657**	0,0724**	3,0364**	0,000092**
Doses de P ₂ O ₅	5	201,4779**	0,6552**	0,7409**	0,1250**	6,5568**	0,000056**
Inoculante x Doses de P ₂ O ₅	20	30,7973**	0,4516**	0,2703**	0,0332*	3,9988**	0,000050**
Resíduo		0,0961	0,0707	0,0308	0,0196	0,0251	0,000010
Média		27,1039	3,3238	0,9783	0,4473	2,8660	0,0124
CV		1,14	8,0	17,94	31,37	5,54	26,05

AP - altura de planta, MSPA - massa seca da parte aérea, DC- diâmetro de colo, MSR- massa seca da raiz, NN - número de nódulos, MSN - massa seca dos nódulos ** significativo para $P \leq 0,01$; *significativo para $P \leq 0,05$ pelo teste F.

Para característica altura de planta, observou-se que todas as estirpes foram superiores ao tratamento testemunha, em todos os níveis de fósforo exceto na dose 60, 90 e 120 para a estirpe BR3299. A altura máxima estimada das plantas foi de 32,22 cm, sendo a dose de 82,85 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aquela que promoveu este ponto de máxima na cv BRS Nova Era (Figura 1) associada à estirpe INPA 03-11B, apresentando aumento percentual de 31,08% em relação ao tratamento testemunha (S/B) para mesma dose e; a menor altura foi observada na dose 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅, evidenciando que à ausência de fósforo é um fator limitante ao crescimento de feijão-caupi (COUTINHO, et al., 2014).

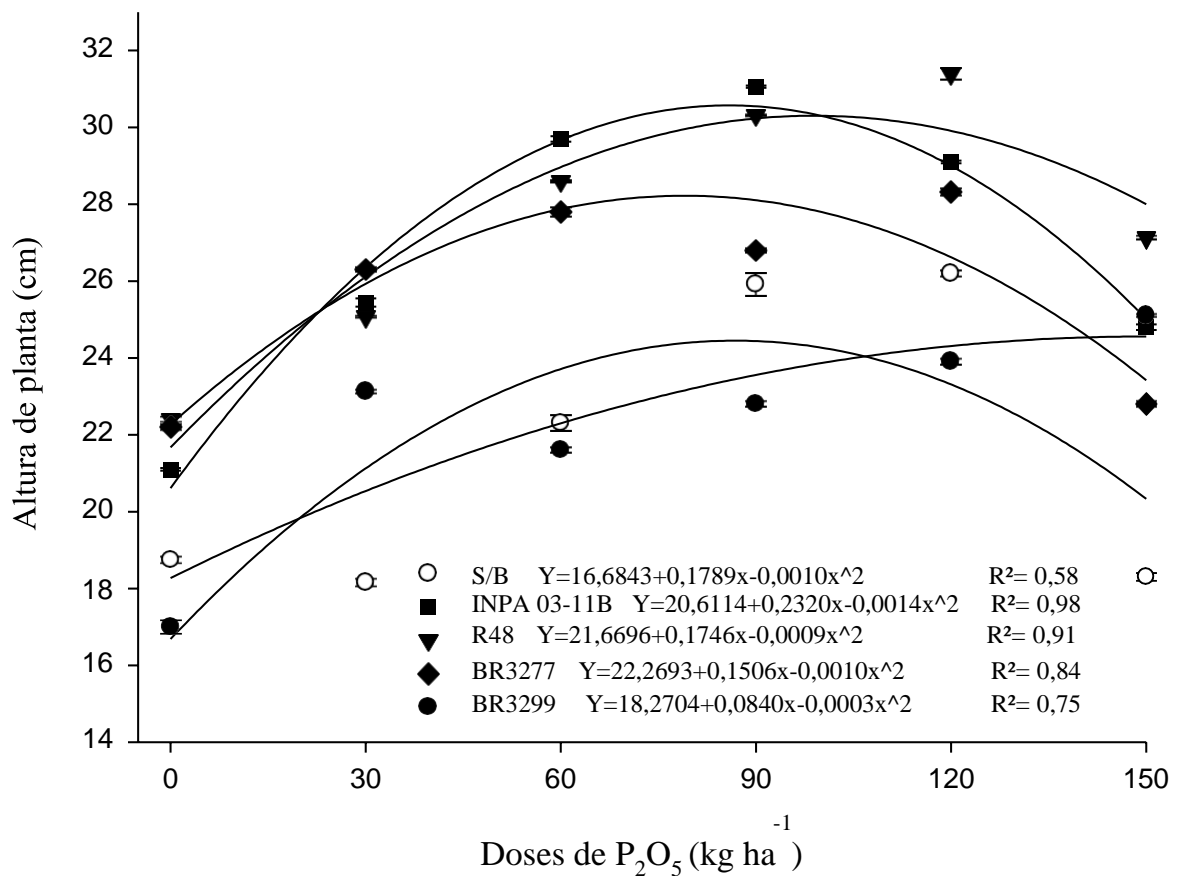


Figura – 1 Altura de planta de feijão-caupi, BRS Nova Era, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P₂O₅ no município de Gurupi- TO, 2015.

Já para a cv BRS Sempre Verde o ponto de máxima eficiência foi obtido na dose de 57,68 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e altura estimada de 37,84 cm com a estirpe INPA 03-11B (Figura 2). Já o valor estimado da altura de planta da testemunha para a mesma dose foi de 36,42. A análise da altura é importante na avaliação da qualidade de plantas, uma vez que fornece um bom indicador de evolução da cultura (SOUTO et al., 2009).

Observou-se que ao aumentar as doses de fósforo aumentou a altura da planta, chegando ao ponto de máxima eficiência e em seguida ocorreu a diminuição, provavelmente, se da ao fato de que a planta de feijão-caupi quando submetida a elevadas doses de P passa a ter seu crescimento reduzido, fazendo com que o fósforo em excesso torne-se um fator negativo para o crescimento do feijão-caupi.

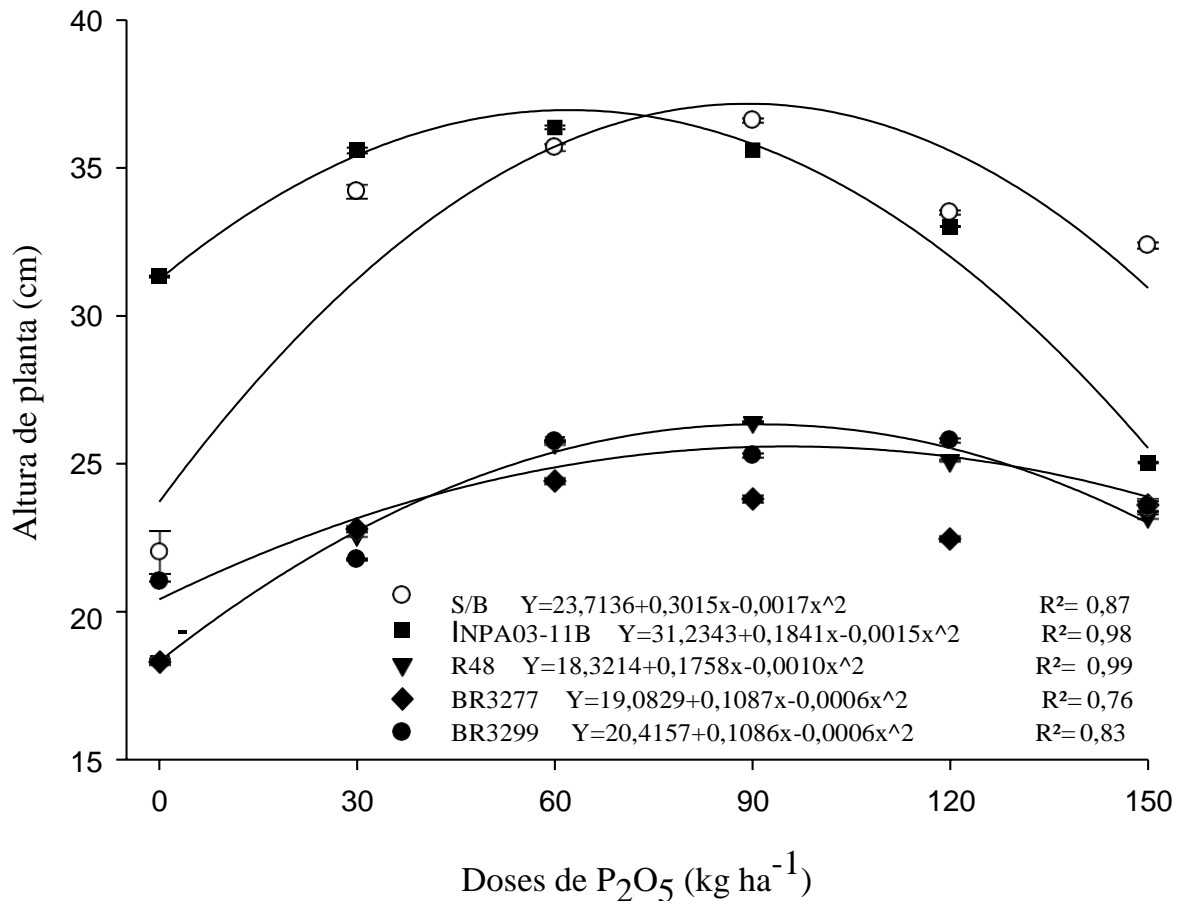


Figura – 2 Altura de planta de feijão-caupi, BRS Sempre Verde, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P₂O₅ no município de Gurupi- TO, 2015.

Para o diâmetro de colo na cv BRS Nova Era (Figura 3) as estirpes que condicionaram maior diâmetro foram INPA 03-11B, R 48 e BR 3277 as quais foram superiores a testemunha (S/B), sendo que a maior média estimada foi proporcionada pela INPA 03-11B, apresentando 4,51mm de diâmetro de colo na dose de 73,67 kg ha⁻¹ de P₂O₅, já a testemunha foi de 4,16mm para mesma dose.

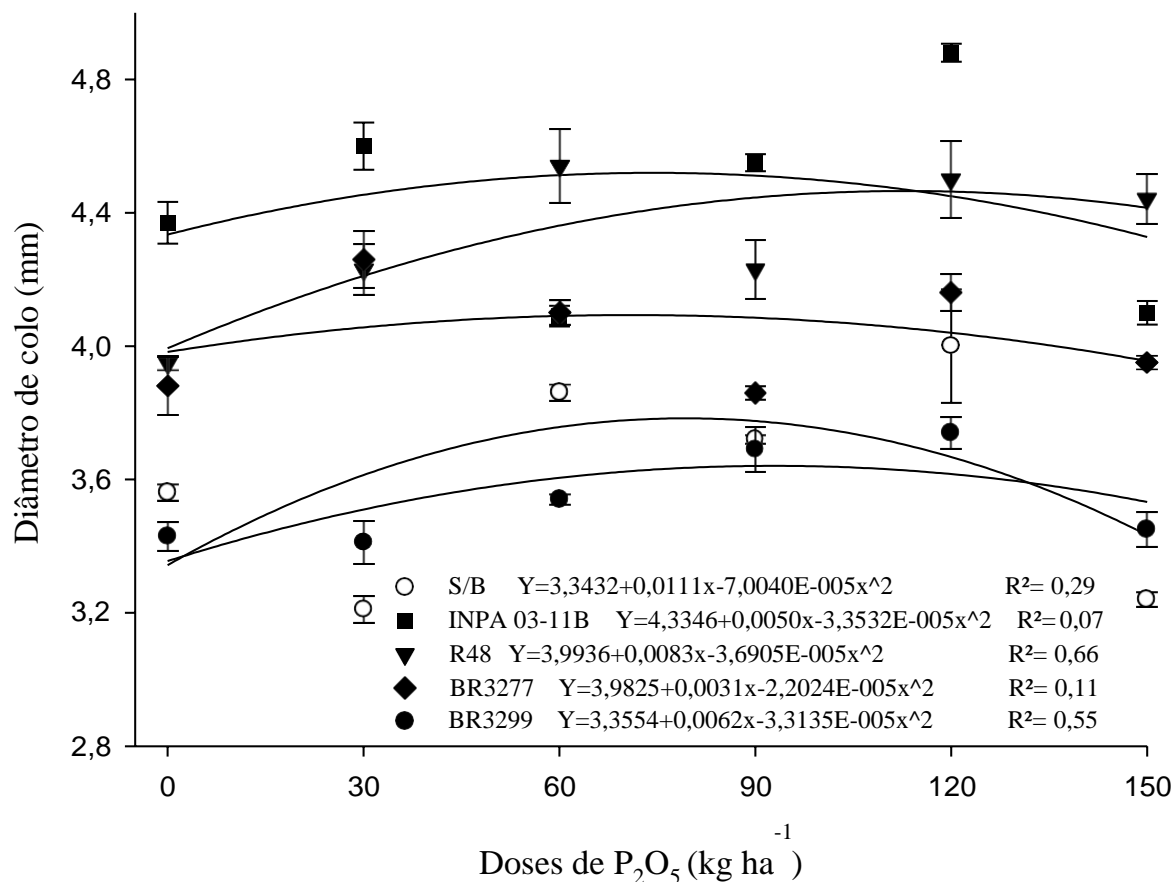


Figura – 3 Diâmetro de colo de planta de feijão-caupi, BRS Nova Era, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P_2O_5 no município de Gurupi- TO, 2015.

Para cultivar BRS Sempre Verde (Figura 4) observou-se que as estirpes INPA 03-11B e BR 3299 foram superiores a testemunha (S/B). A maior média estimada do diâmetro de colo foi condicionada pela INPA 03-11B com 4,48mm na dose de $87,5\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 enquanto a testemunha (S/B) foi de 3,48 para a mesma dose, apresentando aumento de 28,73% em relação a testemunha. Na dose $0\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 associado ou não as bactérias obteve se as menores médias tanto para cv BRS Nova Era quanto a cv BRS Sempre Verde (Figura 3 e 4), evidenciando o efeito positivo do uso da adubação fosfatada associada ou não as bactérias fixadora de nitrogênio. Oliveira et al. (2011) também evidenciaram o efeito positivo do P no diâmetro do colmo, indicando relação do P com o aumento da resistência da planta ao acamamento.

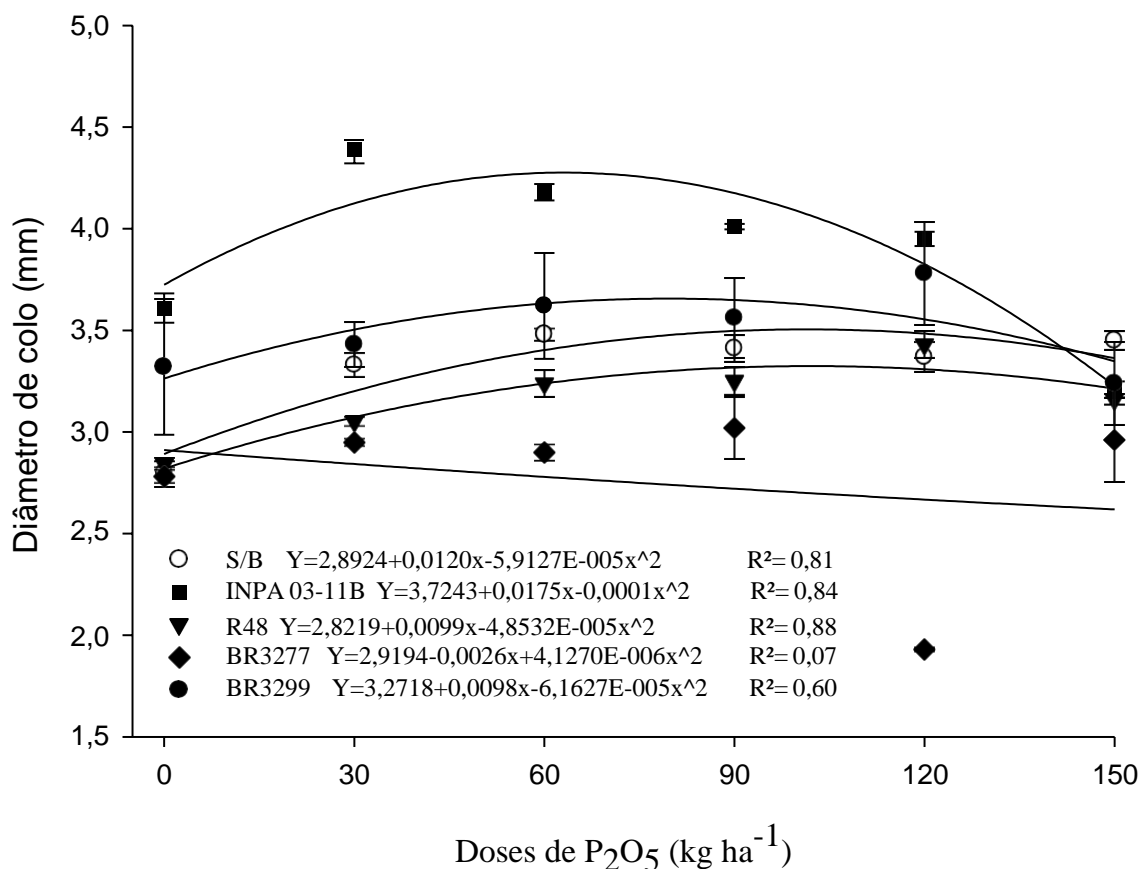


Figura – 4 Diâmetro de colo de planta de feijão-caupi, BRS Sempre Verde, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P_2O_5 no município de Gurupi- TO, 2015.

Para a massa seca da parte aérea na cv BRS Nova Era (Figura 5), todas as estirpes proporcionaram as maiores médias nas diferentes doses em relação à testemunha, com exceção da estirpe BR 3299, na dose 0 e 120 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 . Observa-se que a dose de 90 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 foi a que melhor diferenciou o efeito das estirpes e na 0 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 percebe-se as menores médias para maioria das estirpes demonstrando o efeito sinérgico da adubação fosfata sob as estirpes para incremento da massa seca da parte aérea. A maior média estimada foi condicionada pela estirpe INPA 03-11B, com 1,75g na dose de 107 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , já para a testemunha a média estimada foi de 0,36g para a mesma dose, sendo que a bactéria foi superior ao tratamento testemunha aproximadamente 5 vezes. Soares et al. (2006) trabalhando com diferentes estirpes de *Bradyrhizobium*, também obtiveram maior produção de fitomassa seca da parte aérea quando as sementes foram inoculadas com a estirpe INPA 03-11B, quando foram comparadas apenas as demais estirpes.

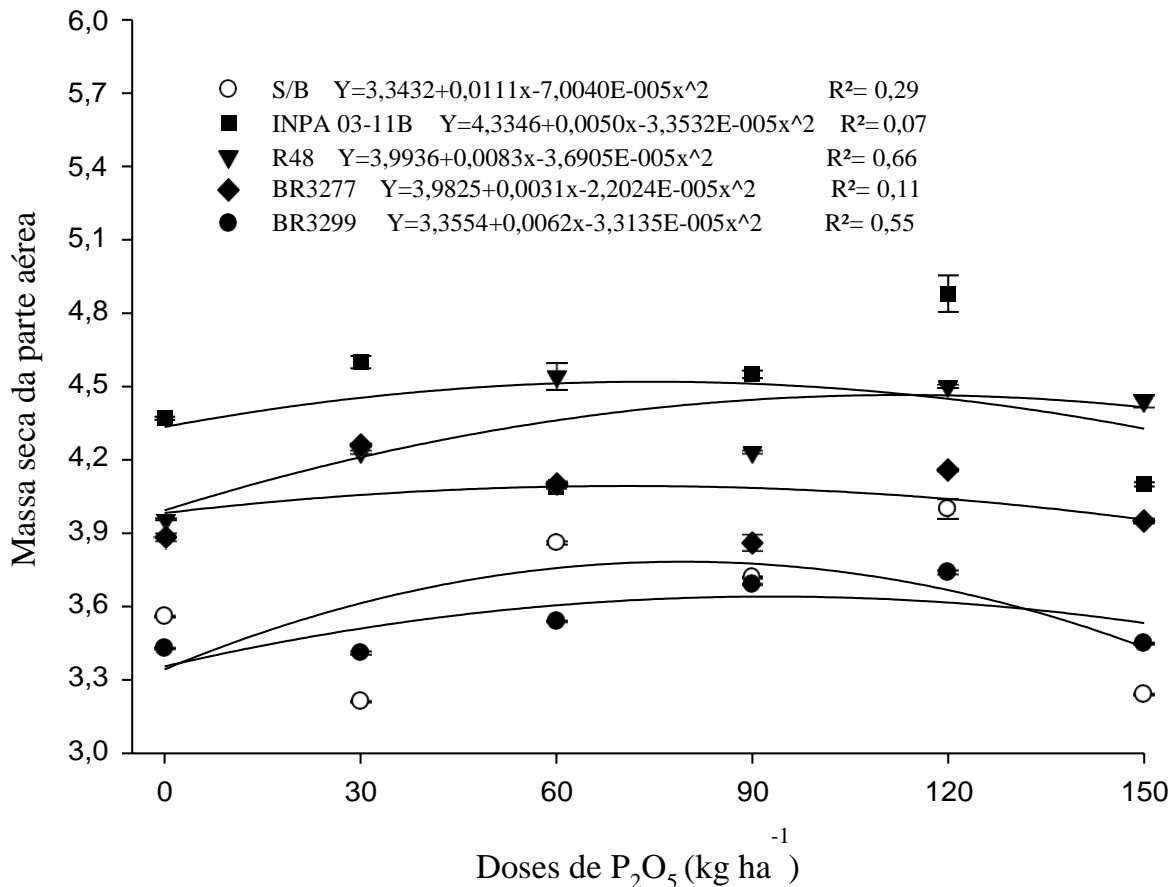


Figura – 5 Massa seca da parte aérea de planta de feijão-caupi, BRS Nova Era, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P_2O_5 no município de Gurupi- TO, 2015.

Para a massa seca da parte aérea na cv BRS Sempre Verde (Figura 6) observou-se que o tratamento testemunha sem bactéria (S/B) condicionou as maiores médias quando comparado com os tratamentos que tinham inoculante mais doses de P_2O_5 , exceto para estirpe INPA 03-11B. Isto demonstra que a cultivar é muito eficiente na absorção de P no solo oriundo da adubação fosfatada indicando sua independência da inoculação com rizóbio para absorção de P (ROCHA, 2016). Dentre as estirpes a INPA 03-11B foi a que melhor se destacou apresentando média estimada da MSPA de 1,69g na dose de 71,03 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 . Silva et al. (2010) observaram valores inferiores ao encontrado neste trabalho onde o valor máximo encontrado foi de 1,16g de massa seca da parte aérea na dose 72 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 . Já o tratamento testemunha apresentou média máxima estimada de 2,27g para a dose de 127 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 . Na dose 0 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 e sem inoculante foi observada as menores médias para massa seca da parte aérea demonstrando a importância da adubação fosfatada e o uso de estirpes eficiente no processo de fixação biológica de nitrogênio. Guedes et al. (2010) avaliando eficiência agrônômica de inoculantes em feijão-caupi no Município de Pombal –

PB observaram que a interação de bactérias fixadora de N₂ com suplementação de fósforo permitiram maior aumento da massa seca da parte aérea.

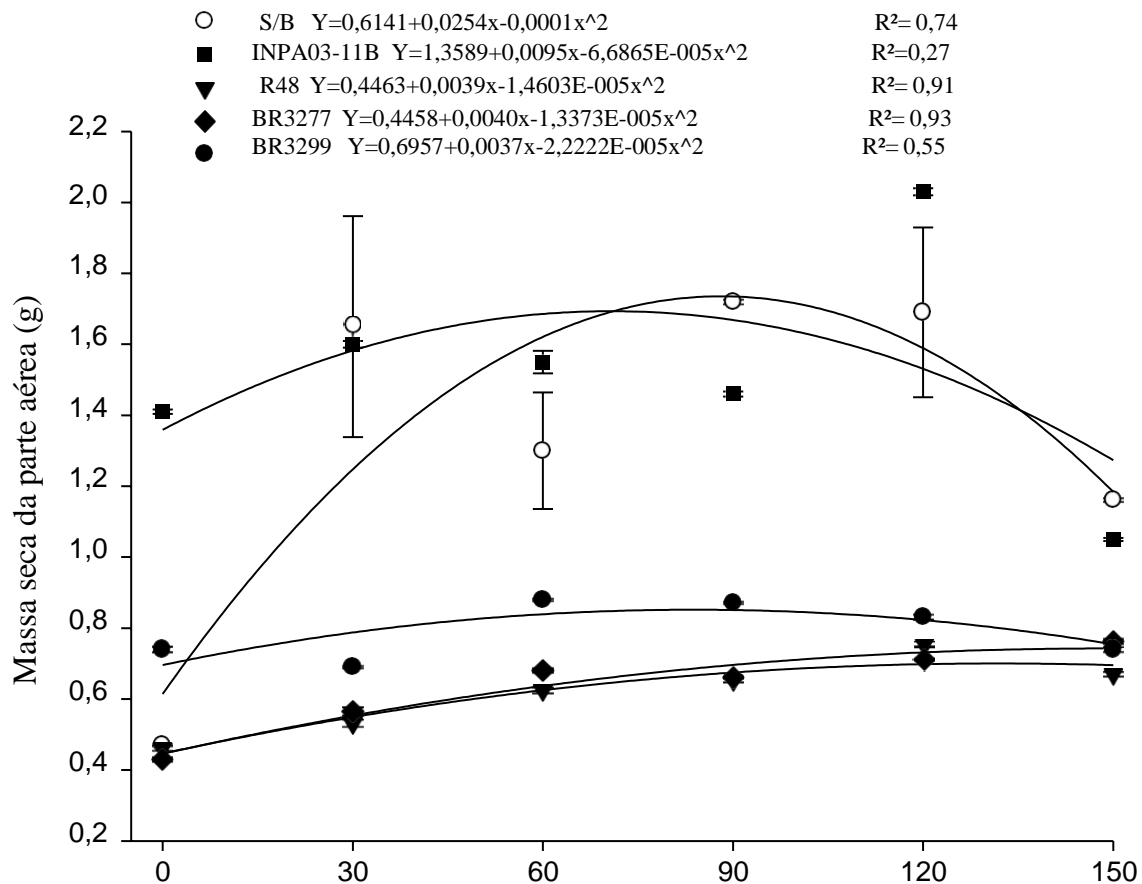


Figura – 6 Massa seca da parte aérea de planta de feijão-caupi, BRS Sempre Verde, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P₂O₅ no município de Gurupi- TO, 2015.

Para a variável massa seca das raízes na cv BRS Nova Era (Figura 7), observou-se que as estirpes INPA 03-11B e BR 3277 foram superiores as demais incluindo o tratamento testemunha (S/B) onde foram observadas as maiores médias para massa seca das raízes.

A massa seca das raízes apresentou resposta quadrática tanto para o tratamento testemunha (S/B), bem como à interação da adubação fosfatada e inoculante, com a dose de máxima eficiência agrônômica de 79,80 kg ha⁻¹ de P₂O₅, obtendo 0,61g para a estirpe INPA 03-11B e 76,49 kg ha⁻¹ de P₂O₅ obtendo 0,55g para estirpe BR 3277. O tratamento testemunha contendo apenas adubação fosfatada (S/B) a dose de máxima eficiência estimada foi 101,35 kg ha⁻¹ de P₂O₅ obtendo 0,46g de massa seca das raízes. Na dose 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foram observadas as menores médias. Assim, a maior disponibilidade de P favoreceu maior peso de massa seca das raízes bem como sua interação com os rizóbios proporcionando maior peso com menores doses de P₂O₅.

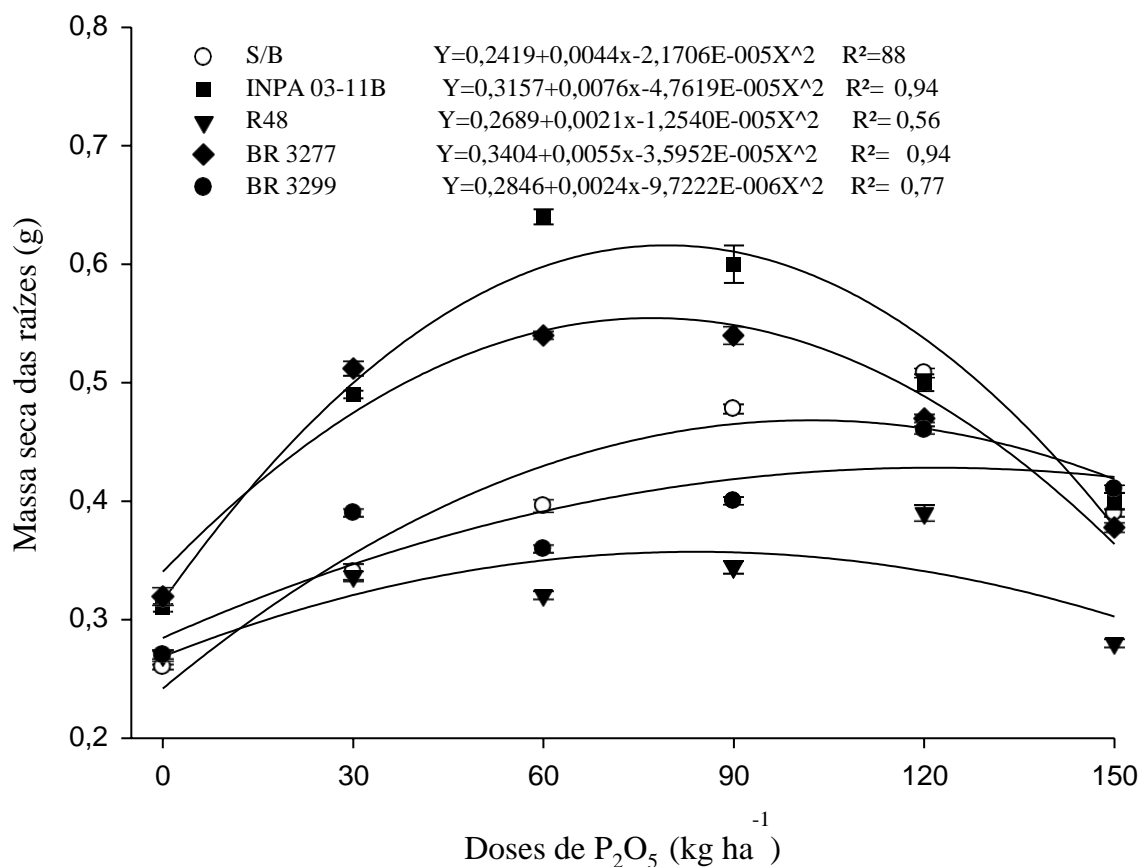


Figura – 7 Massa seca das raízes de planta de feijão-caupi, BRS Nova Era, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P₂O₅ no município de Gurupi- TO, 2015.

Chagas Junior et al. (2014) avaliando a eficiência da inoculação combinada de rizóbio e trichoderma em diferentes cultivares de feijão-caupi no Cerrado, observaram efeito significativo no incremento de raiz para o uso de rizóbios quando comparados aos tratamentos que não foram inoculados e sendo igual aos tratamentos que recebem adubação nitrogenada.

Para cultivar BRS Sempre Verde (Figura 8) o tratamento testemunha (S/B) foi superior a todas as estirpes exceto nas doses 0 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com relação as estirpes a que melhor se destacou foi a INPA03-11B a qual teve o valor máximo estimado para massa seca das raízes de 0,56g na dose 67,49 kg ha⁻¹ de P₂O₅, para o tratamento testemunha foi de 0,63g na dose 89,84 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Essas maiores resposta da massa seca das raízes com o tratamento testemunha contendo apenas adubação fosfatada em relação aos tratamentos que além da adubação fosfatada receberam inoculante podem estar associada à especificidade da cultivar com o simbiote, mostrando menor interação quando comparado com a cv BRS Nova

Era a qual se observou incremento da massa seca das raízes quando ocorreu a associação das bactérias com a adubação fosfatada para esta característica avaliada.

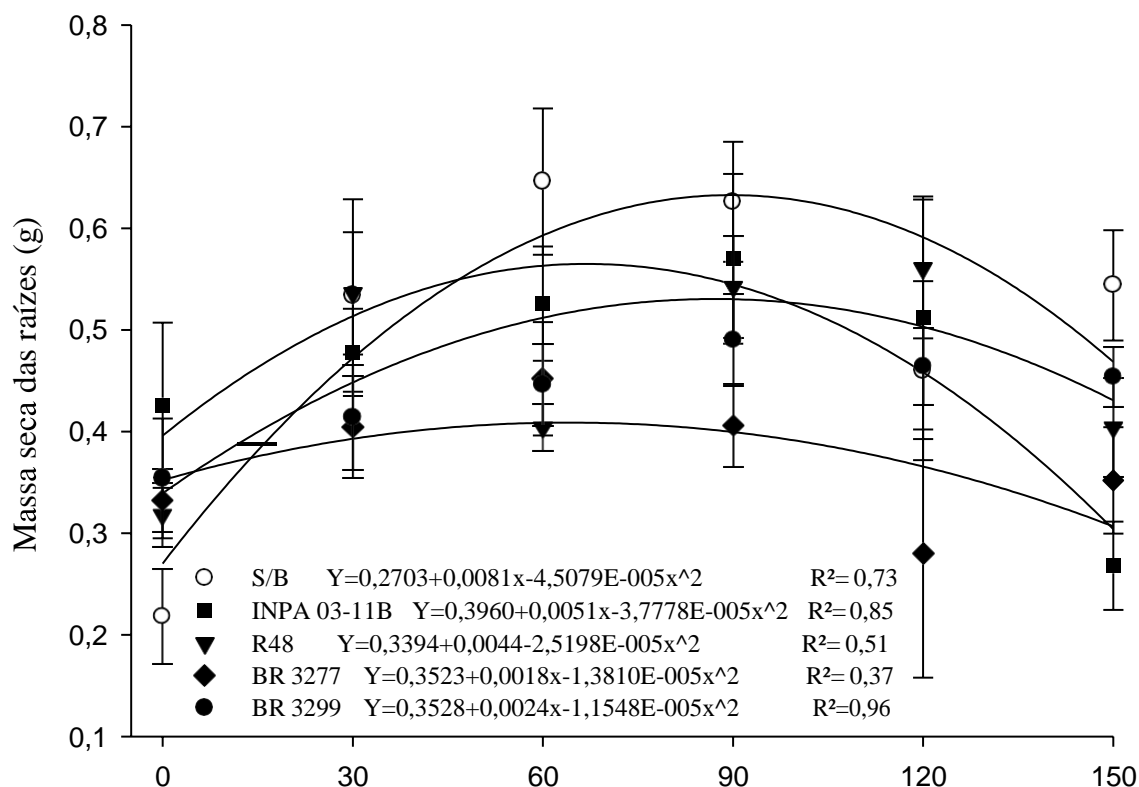


Figura – 8 Massa seca das raízes de planta de feijão-caupi, BRS Sempre Verde, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P_2O_5 no município de Gurupi- TO, 2015.

Para o número de nódulos na cv BRS Nova Era (Figura 9) observou-se que todas as estirpes estudadas foram capazes de nodular o feijão-caupi. Já o tratamento testemunha (S/B) não apresentou nodulação, isso comprova a maior capacidade nodulífera das estirpes estudadas em relação às estirpes nativas para esta cultivar. O maior número de nódulos foi observado quando houve inoculação com as estirpes INPA 03-11B, R 48 e BR 3277, na qual a dose $150 \text{ kg ha}^{-1} P_2O_5$ proporcionou maior número de nódulos com a estirpe INPA 03-11B, com valor estimado de 10,5 nódulos; já para estirpe R 48 observou o maior número na dose de $90 \text{ kg ha}^{-1} P_2O_5$ com o valor estimado de 8,65 nódulos.

O menor número de nódulos foi observado na dose de $0 \text{ kg ha}^{-1} P_2O_5$, o que já era esperado tendo em vista que o P é muito importante para o crescimento e desenvolvimento das raízes que são os locais onde ocorre a infecção e conseqüentemente nodulação das estirpes. Amaral et al. (2013) avaliando a produtividade e nodulação do feijão-caupi inoculado em função de fósforo e potássio verificaram que o uso de P promoveu maior número de nódulos.

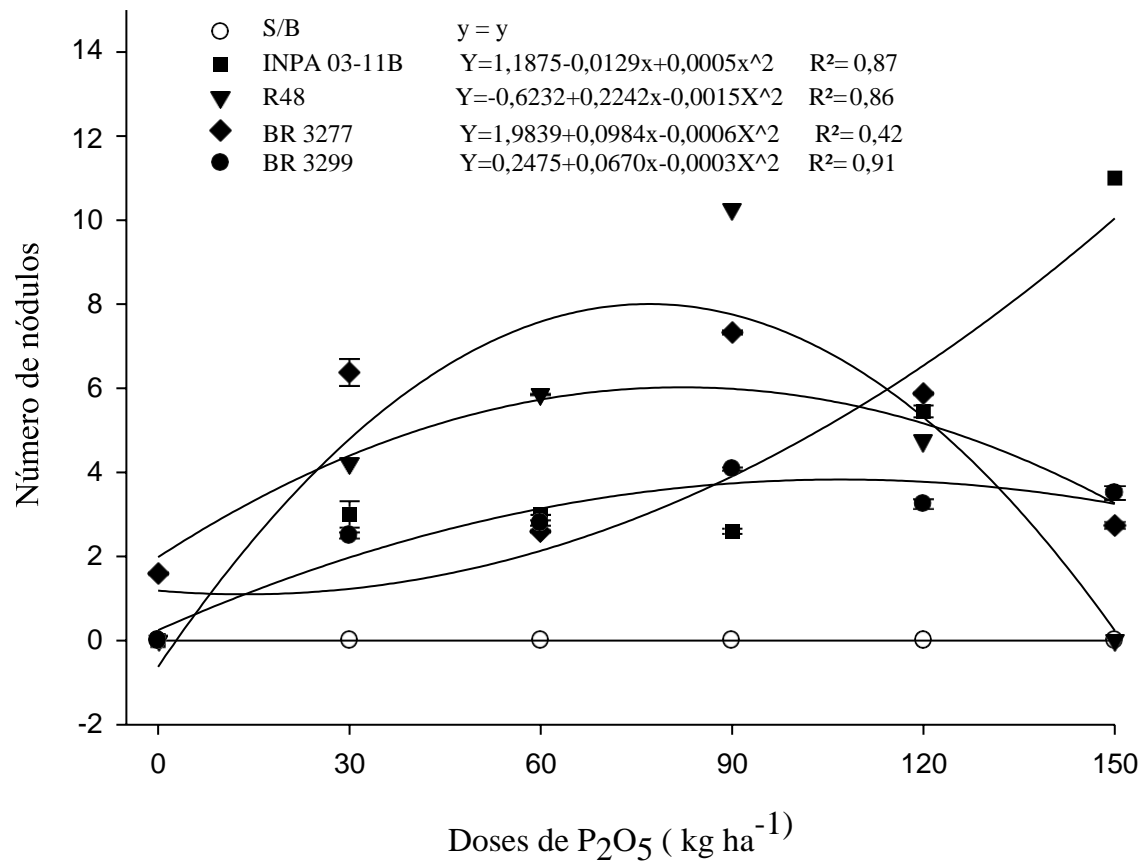


Figura – 9 Número de nódulos de planta de feijão-caupi, BRS Nova Era, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P_2O_5 no município de Gurupi- TO, 2015.

Na cv BRS Sempre Verde (Figura 10) o número de nódulos foi influenciado pela interação das estirpes fixadora de nitrogênio com as doses de fósforo sendo que o maior número de nódulos foi observado na dose de $60\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 com a estirpe BR 3299 com valor estimado de 4,78 nódulos. O fósforo é muito importante, pois melhora a nodulação, associação simbiótica entre o rizóbio e planta hospedeira e consequentemente melhora a fixação de N_2 (NYOKI e NDAKIDEMI, 2013).

Na dose $0\ kg\ ha^{-1}$ P_2O_5 mesmo sem a presença de P ocorreu a nodulação. Isto demonstra a eficiência e capacidade nodulíferas dessas cepas de bactérias, já para o tratamento sem bactéria observou-se, também, nodulação isso implica dizer que as estirpes nativas foram capazes de infectar as raízes do feijão-caupi cv. BRS Sempre Verde.

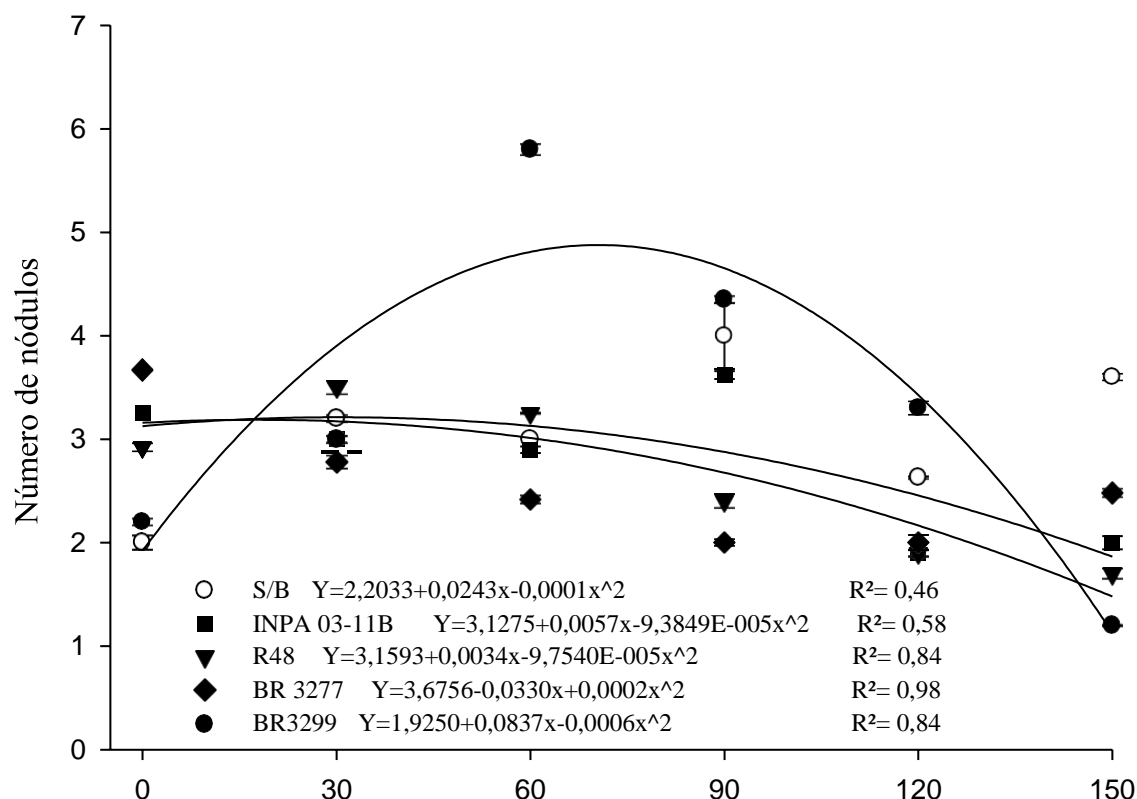


Figura – 10 Número de nódulos de planta de feijão-caupi, BRS Sempre Verde, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P_2O_5 no município de Gurupi- TO, 2015.

O contrário foi observado para a cv BRS Nova Era onde o tratamento sem bactérias não apresentou nodulação. A especificidade simbiótica de uma estirpe de bactéria fixadora de nitrogênio é representada pela sua habilidade em induzir a nodulação e fixar N_2 quando associada a cultivares ou espécies hospedeira específica (COSTA et al., 2011). Assim para uma mesma espécie, a eficiência pode depender da cultivar (FRANCO et al., 2002; XAVIER et al., 2006). O maior número de nódulos observados pelas estirpes INPA 03-11B (Figura 9) na cv. Nova Era e estirpe BR3299 na cv. Sempre verde (Figura 10) quando comparada com a testemunha, também foram observado por (MARINHO, et al., 2014) corroborando com este trabalho.

Na cv. BRS Nova Era (Figura 11) foram observadas diferença para massa seca de nódulos para todas as estirpes avaliadas, sendo que a estirpe BR 3299 e INPA 03-11B condicionaram as maiores massa seca de nódulos na dose 30 kg ha^{-1} de P_2O_5 com média estimada de 0,0128 e 0,0088 g respectivamente. Já estirpe R48, condicionou maior massa seca

de nódulo na dose de 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 com valor estimado de $0,0129 \text{ g}$. No tratamento testemunha não foi observado massa seca dos nódulos já que não apresentou nodulação.

Gualter et al. (2011) avaliando a eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio em feijão-caupi cultivado na região da Pré- Amazônia maranhense, observaram diferenças significativas nos tratamentos inoculados com as estirpes BR 3299 e INPA 03- 11B, que promoveram maior número e massa de matéria seca de nódulos em comparação ao tratamento controle, nas duas épocas de avaliação; resultado semelhante foram obtido neste trabalho.

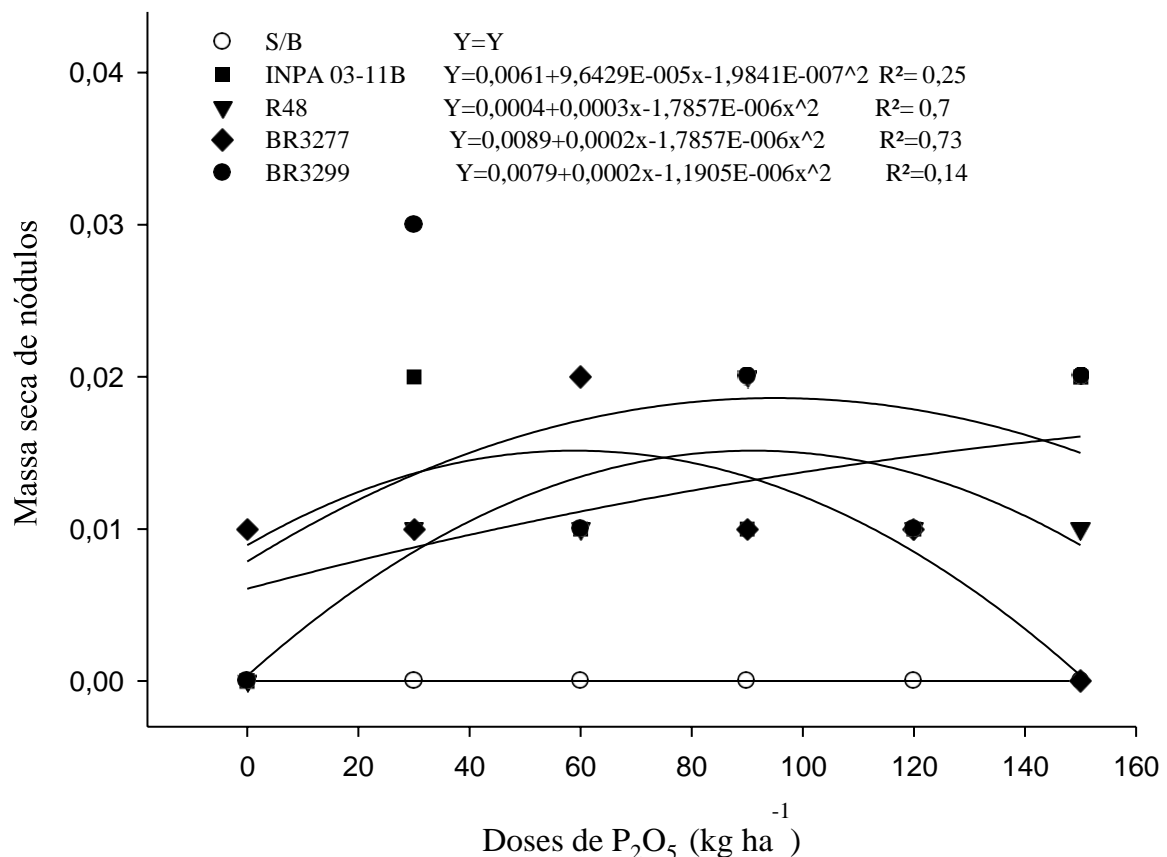


Figura – 11 Massa seca de nódulos de planta de feijão-caupi, BRS Nova Era, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P_2O_5 no município de Gurupi- TO, 2015.

Na cv. BRS Sempre Verde (Figura 12) tanto os tratamentos com inoculação quanto o tratamento testemunha (S/B) promoveram massa seca de nódulos. O contrário foi observado para cv. BRS Nova Era (Figura 11) onde o tratamento testemunha não condicionou massa seca de nódulos, isto pode estar ligado a característica do genótipo em ter uma relação específica com as estirpes nativas.

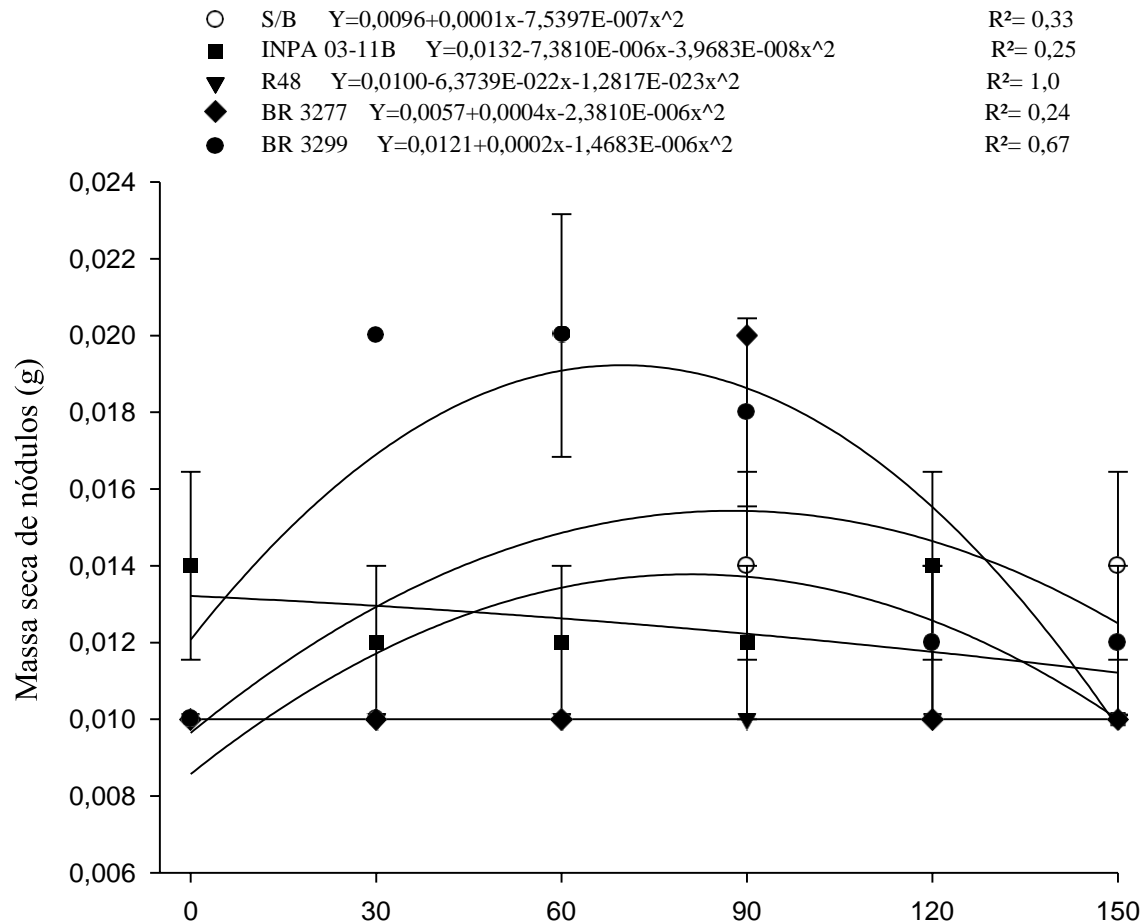


Figura – 12 Massa seca de nódulos de planta de feijão-caupi, BRS Sempre Verde, em função das estirpes submetidas as doses crescentes de P₂O₅ no município de Gurupi- TO, 2015.

Marinho et al. (2014) avaliando o desempenho em campo de novas cultivares de feijão-caupi inoculadas com estirpes de rizóbio eficientes na fixação de nitrogênio no semiárido brasileiro, verificaram que dependendo da cultivar para a mesma estirpe de bactéria obteve se resultados diferentes para massa seca de nódulos.

Em relação as estirpes BR 3299 e BR 3277 obtiveram maior interação com a planta em relação as estirpes R 48 e INPA 03-11B para massa seca de nódulos, nas doses 30 e 90 kg ha⁻¹ P₂O₅ para BR 3299 e na dose 90 para BR 3277 com médias estimadas de 0,0058, 0,018g respectivamente, para BR 3299 e 0,022g para BR 3277.

4. CONCLUSÕES

As estirpes submetidas às doses de fósforo ou não proporcionaram acréscimo na altura de planta, diâmetro de colo, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz para as duas cultivares de feijão-caupi estudadas BRS Nova Era e BRS Sempre Verde.

As estirpes que proporcionaram os melhores efeitos para as características de biomassa de modo geral foram: a INPA 03-11B, bem como, a estirpe BR 3299 para a cultivar Nova Era em condições de casa de vegetação.

Para cultivar Sempre Verde a bactéria INPA 03-11B foi a que condicionou maior biomassa de modo geral.

As doses de fósforo que apresentaram a máxima eficiência agronômica para as duas cultivares quando associadas as estirpes avaliadas variou de 50 a 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para a maioria das variáveis estudadas nesse trabalho.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, F.H.C.; NOBREGA, J.C.A.; MARTINS, R.N.L.; SILVA, A.F.T.; COSTA, E.M.; NOBREGA, R.S.A.; FILHO, J.F.L.; DIÓGENES, L.C.; PACHECO, L.P. Productivity and Nodulation Cowpea Inoculated in Function of Phosphorus and Potassium. **Journal of Agricultural Science**. v. 5, n. 11, p.86-92, 2013.

ANTÓN, M.R. Interacciones microorganismos-suelo-planta en lapreservación del Medio Ambiente y la Salud. **Real Academia Nacional Farmacia**, v. 70, n. 3, p.743- 776, 2004.

BASTOS, V.J.; MELO, D.A.; ALVES, J.M.A.; UCHÔA, S.C.P.; SILVA, P.M.C.; TEIXEIRA JUNIOR, D.L. Avaliação da fixação biológica de nitrogênio em feijão-caupi submetido a diferentes manejos da vegetação natural na savana de Roraima. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 6, n. 2, p.133-139, 2012.

COSTA, E.M.; NÓBREGA, R.S.A.; MARTINS, L.V.; AMARAL, F.H.C.; MOREIRA, F.M.S. Nodulação e produtividade de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. por cepas de rizóbio em Bom Jesus, PI. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 1-7, 2011.

CHAGAS JUNIOR, 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**, v. 37, n. 1, p. 20-28, 2014.

COUTINHO, P.W.R.; SILVA, D.M.S.; SALDANHA, E.C.M.; OKUMURA, R.S; JUNIOR, M.L.S. 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, 2014.

CRAVO, M. da S.; SOUZA, B.D.L. de; CUNHA, F.D.R.; CAVALCANTE, E. da S.; ALVES, J.M.A.; MARINHO, J.T. de S.; VIEIRA JÚNIOR, J.R.; GONÇALVES, J.R.P.; FREITAS, A.C.R. de; TOMAZETTI, M.A. **Sistemas de cultivo**. In: ZILLI, J.É.;VILARINHO, A.A.; ALVES, J.M.A. A cultura do feijão- caupi na Amazônia brasileira. Boa Vista: Embrapa Roraima, p.59- 104, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. SANTOS, H.G. dos; ALMEIDA, J.A.; OLIVEIRA, J.B. de; LUMBREARAS, J.F.; ANJOS, L.H.C. dos; COELHO, M.R.; JACOMINE, P.K.T.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, V.A. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. - Brasília, DF : Embrapa, 353 p. 2013.

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

FIGUEIREDO, M.V.B.; BURITY, H.A.; MARTINEZ, C.P. Drought stress response on some key enzymes of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) nodule metabolism. **World Journal Microbiology Biotechnology**. v. 23, n. 2, p. 187-193, 2007.

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**, v. 37, n. 8, p. 1145-1150, 2002.

GUALTER, R. M. R.; BODDEY, R. M; RUMJANEK, N. G; FREITAS, A. C. R; XAVIER, G. R. Eficiência agronômica de estirpes de rizobio em feijão-caupi cultivado na região da Pré-Amazonia maranhense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 3, p. 303-308, 2011.

GUEDES, G.N.; SOUZA, A.S.; LIMA, A.S.; ALVES, L.S. Eficiência agronômica de inoculantes em feijão-caupi no Município de Pombal – PB. **Revista Verde**, v. 5, n. 10, p. 82 – 89, 2010.

KIMANI, J.M. ; DERERA, J. Combining ability analysis across environments for some traits in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under low and high soil phosphorus conditions. **Euphytica**, v. 166, n. 1, p.1-13, 2009.

MARINHO, R.C.N.; NÓBREGA, R.S.A.; ZILLI, J.E.; XAVIER, G.R.; SANTOS, C.A.F.; AIDAR, S.T.; MARTINS, L.M.V.; FERNANDES JUNIOR, P.I. Field performance of new cowpea cultivars inoculated with efficient nitrogen- fixing rhizobial strains in the Brazilian Semiarid. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 49, n. 5, p.395-402, 2014.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. 2.ed. Lavras, MG: Ed. UFLA, 729p. 2006.

NYOKI, D.; NDAKIDEMI, P.A. Economic benefits of Bradyrhizobium japonicum inoculation and phosphorus supplementation in cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp) grown in northern Tanzania. **American Journal of Research Communication**, v. 1, n. 11, P. 173-189, 2013.

OLIVEIRA, D.P. **Adubação nitrogenada, inoculação com rizóbios e tratamentos fungicidas de sementes em feijoeiro- comum cv. BR SMG Madrepérola**. 2013. 180p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2013.

OLIVEIRA, G. A.; ARAÚJO, W. F.; CRUZ, P. L. S.; SILVA, W. L. M.; FERREIRA, G. B. Resposta do feijão-caupi as lâminas de irrigação e as doses de fósforo no cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p.872-882, 2011.

PASTORINI, L. H. et al. Crescimento inicial de feijoeiro submetido a diferentes doses de fósforo em solução nutritiva. **Revista Ceres**, v. 47, n. 270, p. 219-228, 2000.

ROCHA, W.S. **Inoculação e doses de fósforo em feijão caupi no sul do Estado do Tocantins em casa de vegetação**: 2016. 59f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO, 2016.

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**, v. 26, n. 3, p. 394-402, 2010.

SOARES, A. L. L.; PEREIRA, J. P. A. R.; FERREIRA, P. A. A.; VALE, H. M. M.; LIMA, A. S.; ANDRADE, M. J. B. & MOREIRA, F. M. S. Eficiência agrônômica de rízobios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em perdões (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 1, p.803-811, 2006.

SOUTO, J. S.; OLIVEIRA, F. T.; GOMES, M. M. S.; NASCIMENTO, J. P.; SOUTO, P. C. (. Efeito da aplicação de fósforo no desenvolvimento de plantas de feijão guandu *Cajanus cajan* (L) Millsp). **Revista Verde**, v. 4, n. 1, p.135 – 140, 2009.

XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M. V.; RIBEIRO, J. R. A.; RUMJANEK, N. G. Especificidade simbiótica entre rizóbios e acessos de feijão-caupi de diferentes nacionalidades. **Caatinga**, v. 19, n. 1, p. 25-33, 2006.

RESUMO - Capítulo 2

Eficiência de estirpes rizobianas sob doses de fósforo em duas cultivares de feijão-caupi a campo no ano 2016.

A utilização de insumos biológicos em substituição aos insumos químicos industrializados tem sido cada vez mais frequente na agricultura. A fixação biológica de nitrogênio (FBN) tem se mostrado indispensável para a sustentabilidade da agricultura brasileira, haja vista o fornecimento de nitrogênio às culturas com baixo custo econômico e impacto ambiental reduzido. O uso de inoculantes com bactérias eficientes na FBN em condições de campo tem se mostrado uma estratégia importante para o aumento da produtividade de feijão caupi. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência de estirpes rizobianas sob diferentes doses de fósforo, para maximizar o crescimento de feijão-caupi e fixação de azoto, a fim de se obter melhor desempenho agrônomo. Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental blocos casualizados sob arranjo fatorial 3 x 6 sendo o primeiro fator composto por duas estirpes de rizóbio e um tratamento sem inoculação e o segundo fator composto por seis doses de P_2O_5 , com 4 repetições. As doses consistiram de 0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de P_2O_5 por hectare, aplicadas na semeadura. As características avaliadas foram: clorofila, massa seca da parte aérea, peso de cem sementes, nitrogênio total da parte aérea e produtividade. Ocorreu interação positiva das estirpes fixadoras de nitrogênio associadas as doses crescentes de fósforo em todas as características avaliadas exceto para massa de cem grãos da cv. BRS Sempre Verde. De modo geral as duas estirpes testada apresentaram capacidade para nodulação e FBN. Para a cv. BRS Sempre Verde a estirpe mais indicada é INPA 03-11B; para a cv. BRS Vinagre a estirpe BR 3299 foi mais eficiente. A dose de fósforo que condicionou a máxima eficiência agrônomo variou de 70 a 110 Kg ha⁻¹. A estirpe BR 3299 condicionou maiores teores de nitrogênio para as duas cultivares.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*; fixação biológica, produtividade.

ABSTRACT- chapter 2**Efficiency of rhizobial strains under doses of phosphorus in two cultivars of field cowpea in the year 2016.**

The use of biological inputs in place of industrialized chemical inputs has been increasingly frequent in agriculture. Biological nitrogen fixation (BNF) has been shown to be indispensable for the sustainability of Brazilian agriculture, given the nitrogen supply to crops with low economic cost and low environmental impact. The use of inoculants with efficient bacteria in the BNF under field conditions has been shown to be an important strategy to increase the productivity of cowpea. Thus, the objective of this study was to evaluate the efficiency of rhizobia strains under different doses of phosphorus, to maximize the growth of cowpea and fixation of nitrogen, in order to obtain better agronomic performance. The treatments were arranged in a randomized block design under a 3 x 6 factorial arrangement. The first factor was composed of two rhizobia strains and one treatment without inoculation and the second factor was composed of six doses of P₂O₅, with 4 replicates. The doses consisted of 0, 30, 60, 90, 120 and 150 kg ha⁻¹ of P₂O₅ per hectare, applied at sowing. The evaluated characteristics were: chlorophyll, dry shoot mass, weight of one hundred seeds, total shoot nitrogen and productivity. There was a positive interaction of the nitrogen - fixing strains associated with increasing doses of phosphorus in all evaluated characteristics except for one hundred grains of cv. BRS Sempre Verde. In general the two strains tested showed capacity for nodulation and FBN. For cv. BRS Always Green the most indicated strain is INPA 03-11B; For cv. BRS Vinagre strain BR 3299 was more efficient. The dose of phosphorus that conditioned the maximum agronomic efficiency ranged from 70 to 110 kg ha⁻¹. The strain BR 3299 conditioned higher nitrogen contents for both cultivars.

Keywords: *Vigna unguiculata*; Biological fixation, productivity.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) é extremamente rústica, tolerante a altas temperaturas, mediantemente resistente à seca e com boas condições para adaptação além de apresentar alto teor proteico. Devido o seu alto valor nutritivo é cultivado principalmente para a produção de grãos, secos ou verdes, para consumo humano (MEDEIROS et al., 2008). O feijão-caupi tem participação significativa na alimentação dos brasileiros, agregando importância econômica e social na sua cadeia produtiva e comercial, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, em virtude das condições desfavoráveis ao feijoeiro comum (CASTRO et al., 2016).

No Brasil, é cultivado, basicamente, em regime de subsistência, nas regiões Norte e Nordeste, principalmente por sua adaptação às condições edafoclimáticas, porém apresenta baixa produtividade devido às condições de cultivos sem adoção de tecnologias avançadas (FREIRE FILHO et al., 2005; ZILLI et al., 2006). Isto porque em condições de experimento e lavouras com melhor uso de tecnologia, o feijão-caupi tem apresentado alto potencial produtivo, o que no geral não tem sido explorado, um dos fatores responsáveis pela baixa produtividade é a baixa fertilidade natural e dos teores de matéria orgânica dos solos, especialmente em áreas de cerrado (CHAGAS JUNIOR et al., 2010).

Dentre os macros nutrientes essenciais a cultura do feijão caupi o nitrogênio é fundamental para o desenvolvimento da cultura. Nas plantas em geral, o nitrogênio é constituinte de muitos componentes da célula vegetal, como aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos (TAIZ e ZEIGER, 2013). Além disso, participam dos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, sínteses, multiplicação e diferenciação celular e estimula o crescimento de raízes e a formação e o desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas (GRASSI FILHO, 2010).

A utilização de insumos biológicos em substituição aos insumos químicos industrializados tem sido cada vez mais frequente na agricultura (MELO e ZILLI, 2009). A fixação biológica de nitrogênio (FBN) tem se mostrado indispensável para a sustentabilidade da agricultura brasileira, haja vista o fornecimento de nitrogênio às culturas com baixo custo econômico e impacto ambiental reduzido (HUNGRIA et al., 2007). O uso de inoculantes com bactérias eficientes na FBN em condições de campo tem se mostrado uma estratégia importante para o aumento da produtividade de feijão caupi (ZILLI et al., 2008).

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) (SILVA et al., 2010). Além disso, 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). Kyei-boahen et al. (2017) avaliando respostas de crescimento e rendimento de feijão caupi com o uso de inoculante e adubação fosfatada verificaram que o uso de P aumentou a eficácia e eficiência da população de bactérias fixadoras de nitrogênio conforme demonstrado pela maior produção de grãos, produção de matéria seca, nodulação e quantidade de N nos grãos. Isto é atribuído ao importante papel do fósforo que auxilia na nodulação, fixação e crescimento de plantas através do desenvolvimento das raízes e aumento de pelos radiculares (NZIGUHEBA et al., 2016).

Neste contexto, estudos contundentes ao estabelecer as melhores condições para produção de grãos, a fim de aumentar a produtividade e expandir áreas de cultivo são relevantes (FIGUEROA, 2011). Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência da inoculação combinada com adubação fosfatada em duas cultivares de feijão-caupi, a fim de obter um melhor desempenho agrônômico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido, no ano 2016 na estação Experimental da Universidade Federal do Tocantins, campus universitário de Gurupi, Estado do Tocantins, caracterizada pelas coordenadas geográficas (11°43'45''S e 49°04'07''W). A caracterização climática local é de clima tropical úmido com pequena deficiência hídrica (B1wA'a') conforme classificação Thornthwaite. A (Figura 1), apresenta os dados climatológicos ocorridos na época de execução do estudo.

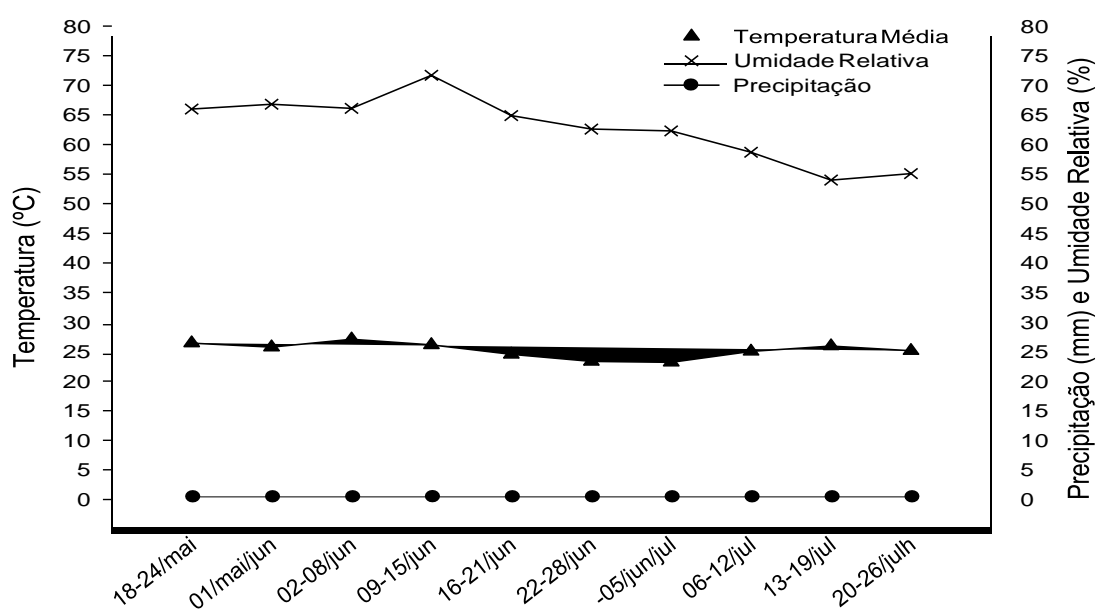


Figura 1. Temperatura média, umidade e precipitação, medidas a cada sete dias, no período da realização do experimento, no ano 2016, no município de Gurupi- TO.

Fonte: Estação meteorológica UFT/INMET

Antes da semeadura, coletou-se uma amostra de solo composta e realizou-se a caracterização física e química, onde foram encontrados os seguintes valores: 2,49 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de Ca; 1,45 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de Mg; 0,11 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de K; 1,24 mg dm^{-3} de P; 0,00 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de Al; 7,58 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de CTC; 4,05 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de SB; 53% de V; pH 5,53 em água; matéria orgânica 2,12 g dm^{-3} ; areia 599,61 g kg^{-1} ; silte 112,13 g kg^{-1} ; argila 288,26 g kg^{-1} .

O preparo do solo foi realizado de forma convencional, com uma gradagem (25'') e uma niveladora (16'') e posteriormente o sucamento do solo. Foram conduzidos dois ensaios de campo com feijão-caupi, correspondendo cada ensaio a uma cultivar, com estirpes de rizóbio associadas ou não a seis doses de fósforo, sendo as cultivares avaliadas em ensaios independentes. As cultivares utilizadas foram 'BRS Sempre Verde' e 'BRS Vinagre'. Cada

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 da extremidade das linhas centrais.

A semeadura foi manual, no mês de maio com a inoculação das estirpes de rizóbio INPA 03-11B caracterizada como *Bradyrhizobium japonicum*. Obtida junto ao Laboratório de Microbiologia da Universidade Federal de Lavras (Minas Gerais, Brasil) e BR3299. 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.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental blocos casualizados sob arranjo fatorial 3 x 6 sendo o primeiro fator composto por duas estirpes de rizóbio e um tratamento sem inoculação e o segundo fator composto por seis doses de P₂O₅, com 4 repetições. As doses consistiram de 0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ por hectare, aplicadas na semeadura. A fonte de P₂O₅ utilizada foi o SFS (20% P₂O₅). A adubação potássica foi realizada utilizando-se 60 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio, na semeadura. O manejo da cultura consistiu em capinas manuais, conforme a necessidade. O suprimento de água para a cultura foi através da irrigação com turno de rega de dois dias, com vazão aproximada de 5mm.

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.

As variáveis analisadas foram: clorofila, massa seca da parte aérea, peso de cem sementes, Nitrogênio total da parte aérea e produtividade feita pelo peso de grãos da área útil em quilogramas, com correção para 13% de umidade, transformando os dados para kg ha⁻¹.

Foi feito a coleta 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. 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 3 folhas trifolioladas/parcela.

Para a determinação da produção de massa seca da parte aérea, o material vegetal foi seco e colocado em estufa de circulação forçada de ar a 65–70°C durante 72 horas, proveniente das folhas em que foi realizada as leituras de clorofilas. O acúmulo de N na parte

aérea foi calculado a partir do teor de N total, analisado por meio do método Kjeldahl, de acordo com a metodologia descrita por Claessen (1997), multiplicado pela massa de matéria seca da parte aérea.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância realizada por meio do teste F e quando significativas utilizou-se regressão, a seleção dos modelos foram baseadas na significância dos betas e no maior coeficiente de determinação (R^2), foi utilizado o erro padrão da média para diferenciar as cepas avaliadas. Para plotagem dos gráficos foi utilizado o programa Sigma Plot versão 10.0 e para os dados estatísticos o programa computacional SISVAR (sistema de análise estatística para microcomputadores) (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 observa-se que houve interação entre os fatores estudados para todas as características avaliadas, tanto para cv BRS Sempre Verde quanto para BRS Vinagre, exceto para a variável peso de cem sementes da cv. Sempre Verde, que não apresentou efeito da interação dos fatores, mas isoladamente o efeito do fator dose foi significativo, já o fator inoculante não foi significativo.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para as variáveis estudadas de plantas de feijão-caupi, BRS Sempre e BRS Vinagre, em função das estirpes rizobianas submetidas ou não a seis doses de fósforo em campo. Gurupi – Tocantins, ano 2016.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	CLOR (ICF)	MSPA (g)	Quadrado Médio		
				P100(g)	NT (Dag ha ⁻¹)	PROD. (Kg ha ⁻¹)
Ensaio 1: cv BRS Sempre Verde						
Bloco	3	6,5010	0,1656	0,3248	0,0327	189,5782
Inoculante	2	77,4849**	57,4599**	2,2940 ^{ns}	0,0778**	10321,60**
Doses de P ₂ O ₅	5	52,6212**	2266,5581**	22,9842**	0,4805**	213891,66**
Inoculante x Doses de P ₂ O ₅	10	8,2236**	127,1832**	1,0320 ^{ns}	0,0616**	7917,50**
Resíduo		2,3391	2,0023	3,0720	0,0022	1289,21
Média		48,7852	65,0826	18,5258	1,6920	625,36
CV		3,14	2,17	9,46	2,80	5,74
Ensaio 2: BRS cv vinagre						
Bloco	3	0,3154	5,1923	0,0520	0,0123	116,2128
Inoculante	2	15,1427**	782,4919**	30,5698**	2,2297**	98690,3406**
Doses de P ₂ O ₅	5	50,5868**	2892,1061**	14,9943**	0,7562**	174259,9065**
Inoculante x Doses de P ₂ O ₅	10	4,5848**	56,6482**	1,5824**	0,0902**	6774,0351**
Resíduo		0,2517	0,113295	0,2094	0,0065	351,4707
Média		42,4847	49,3626	14,3654	1,8827	369,3395
CV		1,18	6,82	3,61	4,30	5,08

CLOR - clorofila, MSPA - massa seca da parte aérea, P100 – peso de cem sementes, NT – nitrogênio total e PROD – produtividade, ^{ns} não significativo; ** significativo para P ≤ 0,01; *significativo para P ≤ 0,05 pelo teste F.

Na característica índice de clorofila (Figura 2) cv. BRS Sempre Verde observa-se que o modelo matemático que melhor se ajustou foi o quadrático. Ao analisar o gráfico percebe-se que os dois tratamentos foram superiores ao tratamento testemunha, exceto na dose 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅. De modo geral a associação das bactérias às doses crescentes de fósforo foi superior quando comparado ao tratamento sem bactéria (S/B), demonstrando haver efeito sinérgico da interação bactérias e adubação fosfatada.

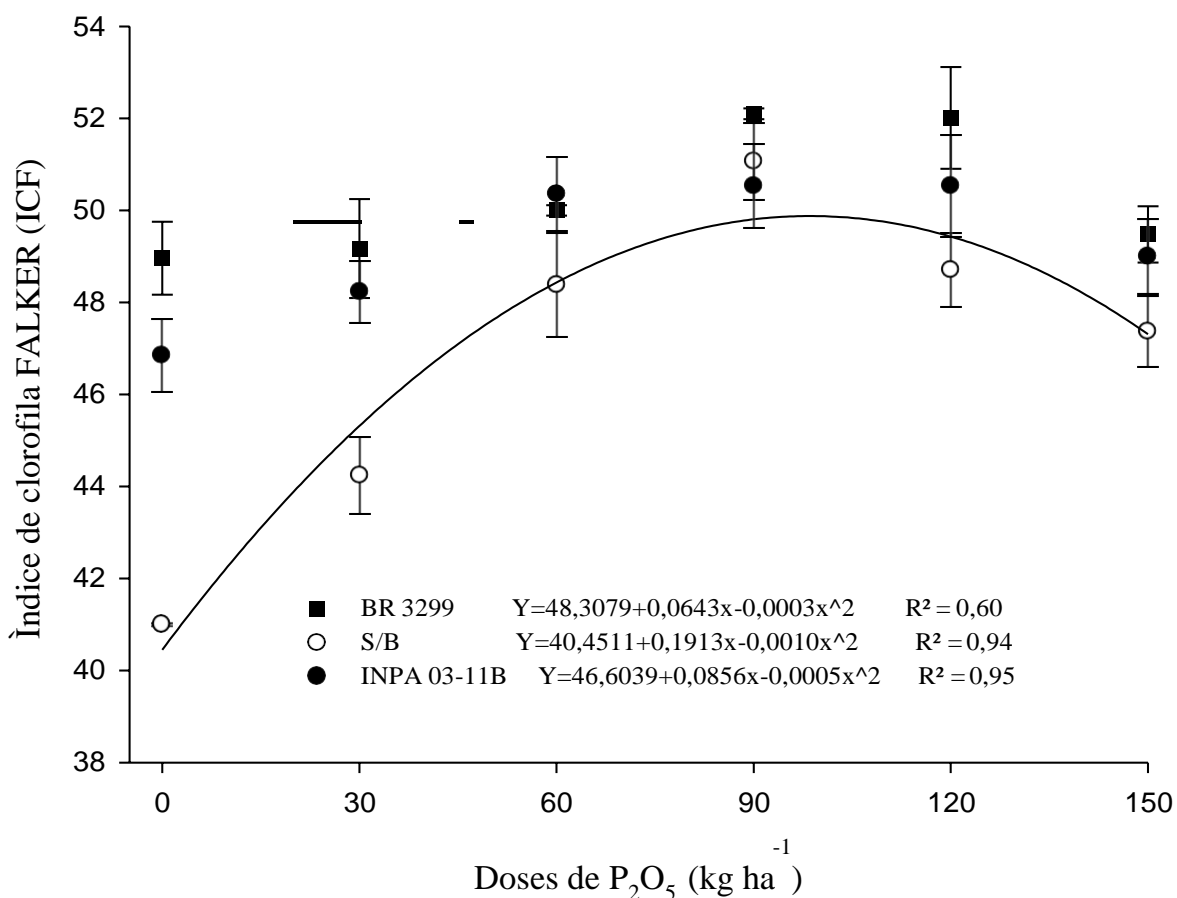


Figura – 2 Índice de clorofila de planta feijão-caupi, BRS Sempre Verde, em função das bactérias associadas às doses crescentes de P₂O₅, no município de Gurupi- TO, no ano 2016.

Observa-se também que na dose 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ as estirpes estudadas condicionaram maiores valores para o índice de clorofila evidenciando ainda mais sua importância para o cultivo de feijão-caupi, com valores estimados de 48,30 e 46,60 unidades para as estirpes BR 3299 e INPA 03-11B, respectivamente. Silva et al. (2010) avaliando fixação biológica do N₂ em feijão-caupi sob diferentes doses e fontes de fósforo solúvel observou valores menores para índice de clorofila onde só tinha o efeito da bactéria BR 3262 no valor de 32,27. O índice de clorofila é uma característica muito importante, pois por meio dela determina-se a

eficiência da planta na absorção da radiação solar pelas folhas (NASCIMENTO, 2009), e quanto maior a eficiência, maior a taxa fotossintética, resultando em maior produtividade de grãos (FRIGO, 2013).

A função ajustada para a leitura da clorofila revelou os valores de máxima eficiência agrônômica estimados de 51,75 e 50,26 unidades nas doses 107,16 e 85,6 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ para as estirpes BR3299 e INPA 03-11B, respectivamente. Isto indica que a estirpe BR3299 proporcionou maiores teores de clorofila na folha, embora para isto tenha exigido dose maior de P₂O₅ quando comparada com a estirpe INPA 03-11B. Sant'ana et al. (2010) cultivando feijoeiro no Latossolo Vermelho distrófico, em Goiás, encontraram para a cultura, maiores índices de clorofila, em torno de 47,0 nas parcelas adubadas com doses altas de nitrogênio, variando de 60 a 120 kg ha⁻¹. Valores estes, que ficaram abaixo dos encontrados neste experimento usando apenas bactérias fixadoras de nitrogênio comprovando a eficiência da FBN para feijão-caupi BRS Sempre Verde.

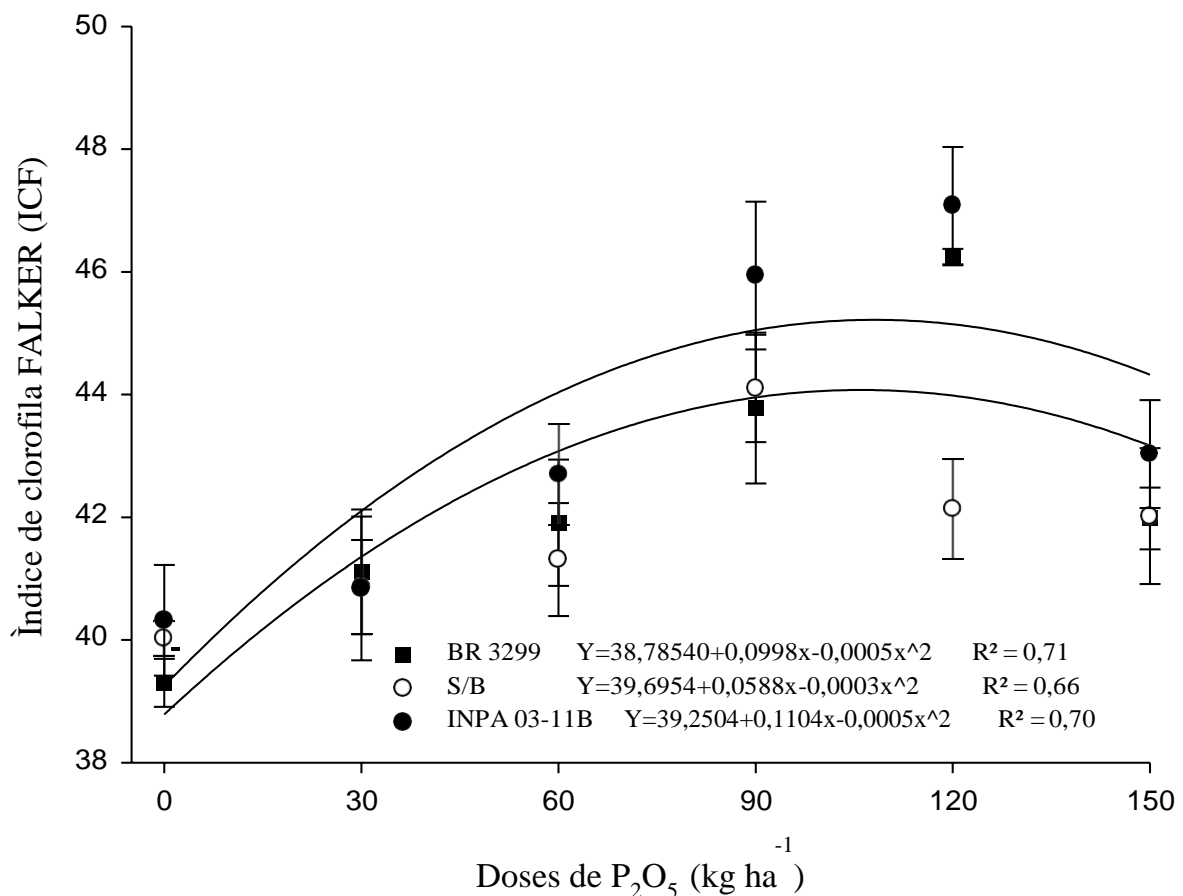


Figura – 3 Índice de clorofila de planta feijão-caupi, BRS Vinagre, em função das bactérias associadas às doses crescentes de P₂O₅, no município de Gurupi- TO, no ano 2016.

Para a cv. BRS Vinagre (Figura 3) a interação bactéria e doses de adubação fosfatada apresentou efeito positivo para variável índice de clorofila. O modelo matemático ajustado também foi o quadrático evidenciando a importância do fósforo quando associado às bactérias fixadora de nitrogênio, quanto maiores as doses de fósforo maior a resposta para o índice de clorofila. Ao contrário do observado na cv. BRS Sempre Verde a estirpe que condicionou maior efeito no teor de clorofila na planta, tanto sozinha como associada às doses de fósforo foi a INPA 03-11B.

Isto pode estar relacionado a característica do genótipo de feijão-caupi, ou seja, para esta cultivar nesta característica, índice de clorofila a estirpe INPA 03-11B mostrou melhor capacidade nodulífera em relação a BR 3299. Os valores estimados para o índice de clorofila pela equação para dose de máxima eficiência agrônômica foram 43,75 e 45,35 nas doses 99,7 e 110,5 para as estirpes BR 3299 e INPA 03-11B, respectivamente.

Benício et al. (2012) avaliando os efeitos de diferentes biofertilizantes e modos de aplicação na nodulação do feijão-caupi encontraram valores semelhantes ao encontrado neste trabalho para o índice de clorofila e ao comparar o tratamento contendo N mineral e a testemunha (somente inoculado) não observaram diferença, demonstrando que a somente a fixação biológica pode fornecer nitrogênio suficiente para as plantas de caupi.

Em relação à massa seca da parte aérea na cv. Sempre Verde (Figura 4), observa-se que ocorreu efeito positivo da interação dos fatores inoculação e doses, no entanto verificou-se que a estirpe INPA 03-11B foi a que se destacou em relação ao tratamento testemunha (S/B) e a estirpe BR 3299.

A maior produção de massa seca da parte aérea estimada para máxima eficiência agrônômica foi de 77,28 na dose 109,03 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Frigo (2013) avaliando feijão-caupi submetido à inoculação com rizóbio e cultivado em latossolo do Cerrado matogrossense encontrou valores inferiores a estes para o tratamento contendo adubação nitrogenada. Isto demonstra a importância e eficiência da simbiose entre a cultura e a bactéria fixadora de nitrogênio. Chagas Junior et al. (2014) verificaram também maiores valores de massa seca da parte aérea para os tratamentos que continuam inoculante comparados ao tratamento testemunha sem inoculante.

Na cv. BRS Vinagre (Figura 5) observa-se que a estirpe BR 3299 foi superior ao tratamento testemunha (S/B) e a estirpe INPA03-11B que já é recomendada para a cultura do feijão-caupi. O modelo matemático que melhor se ajustou as curvas de regressão para as estirpes BR3299 e INPA 03-11B foi o quadrático, as funções ajustadas demonstraram valores

de máxima eficiência agronômica de 69,04 e 53,84g de massa seca na parte aérea nas doses 114,66 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente.

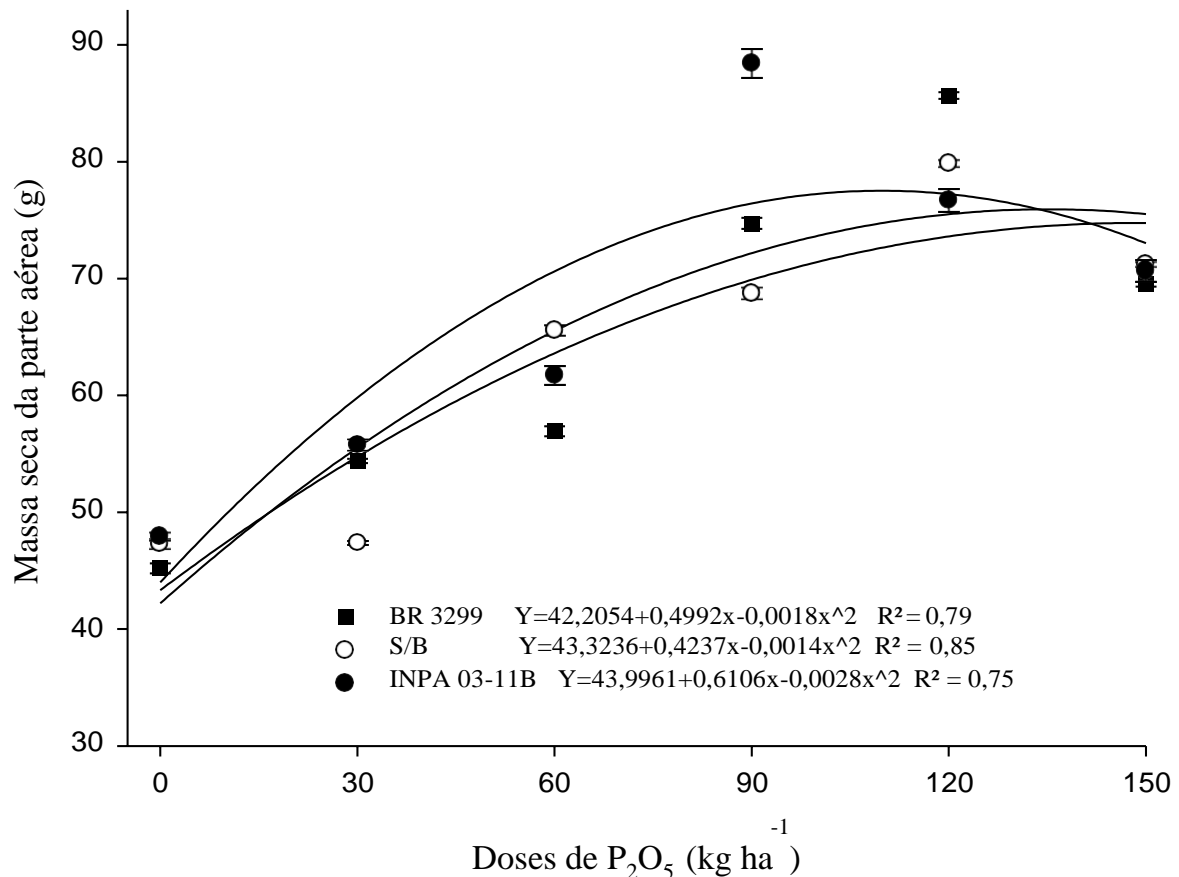


Figura – 4 Massa seca da parte aérea de planta feijão-caupi, BRS Sempre Verde, em função das bactérias associadas às doses crescentes de P₂O₅, no município de Gurupi- TO, no ano 2016.

Isso representa incremento de 28,23% da estirpe BR 3299 em relação a INPA 03-11B, além de apresentar economia de 35,34 Kg ha⁻¹ de P₂O₅. A distribuição de massa seca na planta é uma variável que permite discutir um processo pouco estudado, que é a translocação de fotoassimilados, e que em muitos casos facilitam a compreensão da resposta das plantas em termos de produtividade (BENINCASA, 2003). Segundo Gualter et al. (2011), as bactérias fixadoras de nitrogênio podem contribuir de forma significativa com maior fornecimento de N para a planta e, conseqüentemente, com aumento de massa seca da planta.

Para característica peso de cem sementes na cv. BRS Sempre Verde não ocorreu efeito da interação das estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio com as doses, porém ocorreu efeito isolado do fator dose como mostra a (Tabela 1).

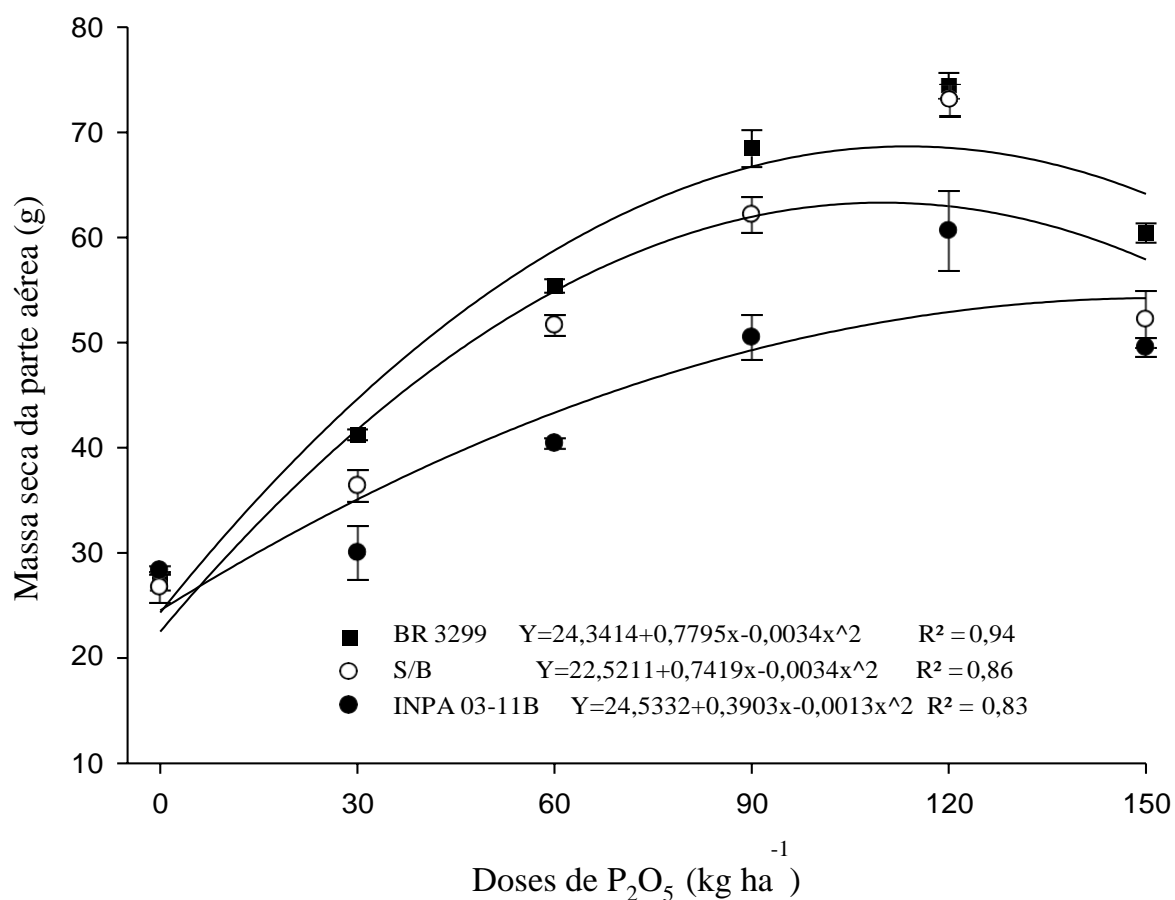


Figura – 5 Massa seca da parte aérea de planta feijão-caupi, BRS Vinagre, em função das bactérias associadas às doses crescentes de P₂O₅, no município de Gurupi- TO, no ano 2016.

Para o peso de cem sementes observou efeito quadrático para a curva de regressão. A partir do modelo matemático obteve-se a dose de P₂O₅ com máxima eficiência agrônômica de 19,95g obtida na dose de 84,6 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para o tratamento testemunha sem bactéria (S/B) (Figura 6). Rosal (2013) avaliando doses de fósforo e zinco na cultura do feijão-caupi encontrou valores estimados para peso de 100 sementes superiores a este, 20,4g, porém obtido com uma dose maior 110 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Já Zucareli et al. (2011), Nascente et al. (2014) não encontraram diferenças significativas com o incremento das doses de P via solo sobre o peso de cem sementes.

Na cv. BRS Vinagre para peso de cem sementes (Figura 7) verificou-se resposta quadrática para a interação doses de fósforo e bactérias na qual a estirpe BR 3299 condicionou maior peso de cem sementes quando comparado ao tratamento testemunha (S/B) e a estirpe INPA 03-11B, a partir do modelo de regressão adotado verificou-se que o peso de cem sementes estimado para máxima eficiência agrônômica foi de 16,47 e 13,72g, obtido com as doses de 72,5 e 101,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅ respectivamente para BR 3299 e INPA 03-11B. Isso

representa um aumento de 20% em relação a estirpe INPA 03-11B, com uma dose de 29 kg ha⁻¹ de P₂O₅ a menos.

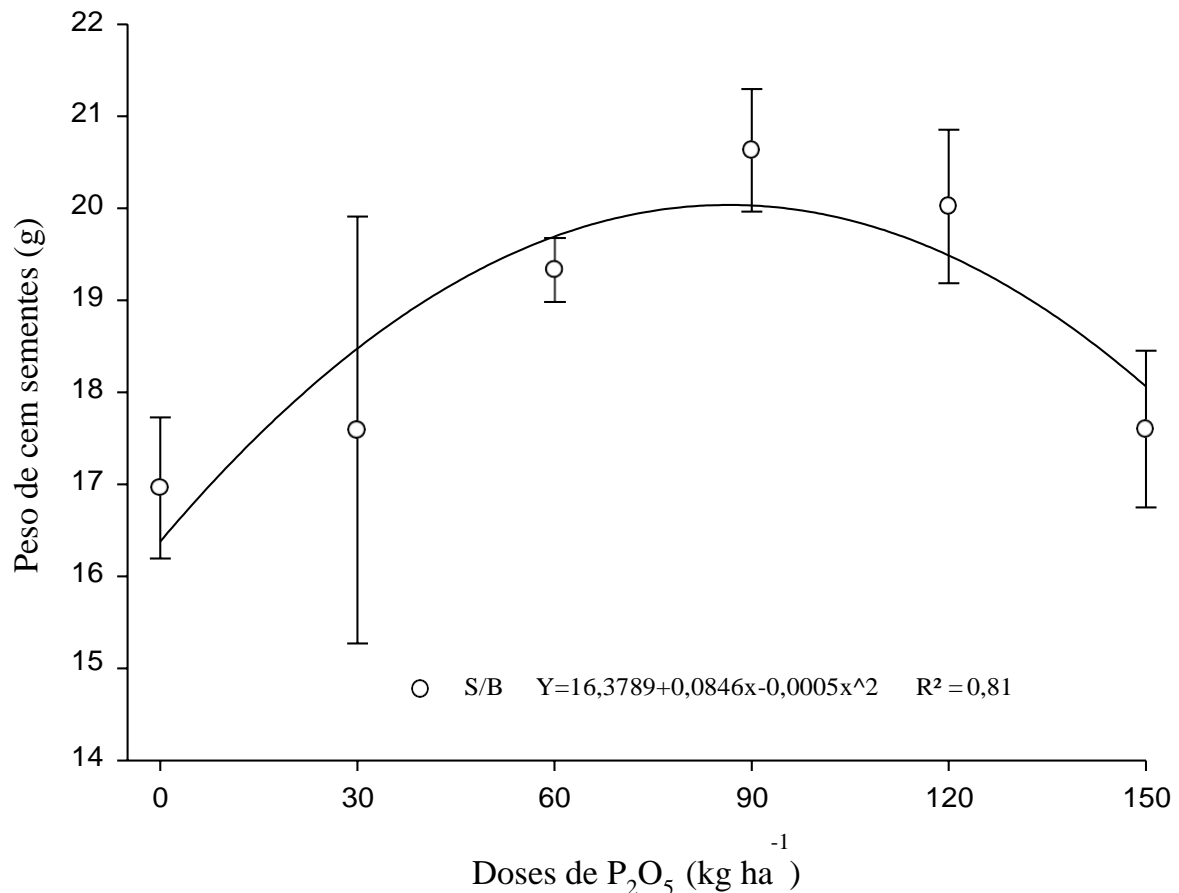


Figura – 6 Peso de cem sementes de planta feijão-caupi, BRS Sempre Verde, em função das bactérias associadas às doses crescentes de P₂O₅, no município de Gurupi- TO, no ano 2016.

Resultado semelhante foi encontrado por Gualter, (2010) avaliando o efeito da inoculação com diferentes estirpes de rizóbio na nodulação, fixação biológica de nitrogênio e na produtividade em feijão-caupi onde a estirpe BR3299 foi superior a INPA 03-11B condicionando maior peso de cem sementes corroborando com estes resultados. Silva et al. (2011), estudando o efeito da inoculação e adubação mineral na cultura do feijão – caupi em latossolos da amazônia oriental verificou que não houve efeito da interação inoculante e adubação fosfata e potássica no peso de cem sementes.

Na cv. BRS Sempre Verde para característica nitrogênio total (Figura 8) observa-se o comportamento quadrático para as curvas de regressão verificando-se o efeito positivo da interação bactérias e a adubação fosfatada evidenciando o efeito que o fósforo promove no processo de simbiose, onde os menores valores observados foram na dose 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Porém, verifica-se que o tratamento testemunha (S/B) também proporcionou incremento para

a característica avaliada, demonstrando que tanto as bactérias introduzidas como as nativas promoveram o acúmulo de nitrogênio na massa seca da parte aérea, demonstrando que para esta cultivar tanto as estirpes testadas como nativas foram capazes de nodular feijão caupi.

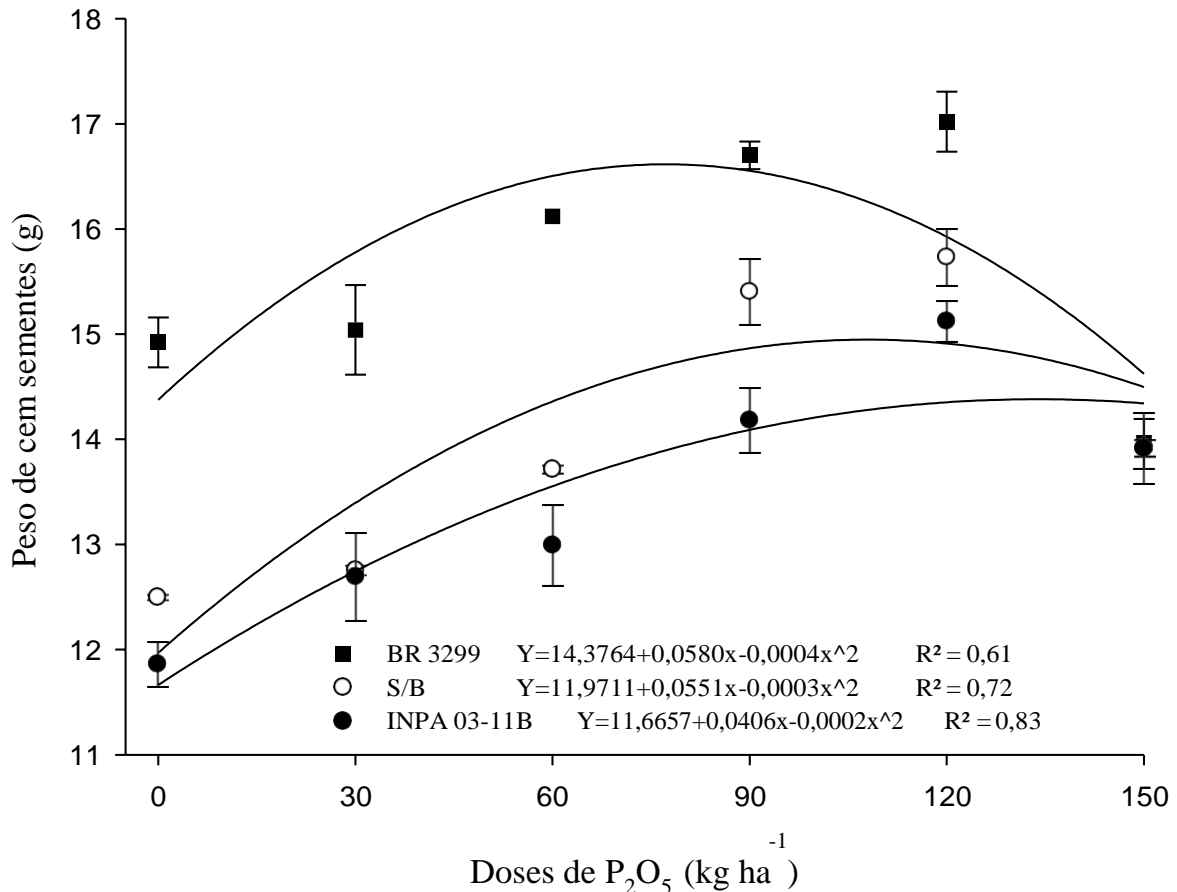


Figura – 7 Peso de cem sementes de planta feijão-caupi, BRS Vinagre, em função das bactérias associadas às doses crescentes de P₂O₅, no município de Gurupi- TO, no ano 2016.

Chagas junior et al. (2014) avaliando a eficiência da inoculação combinada de rizóbio e trichoderma em diferentes cultivares de feijão-caupi também verificaram teor de nitrogênio no tratamento testemunha sem inoculação, porém, as estirpes utilizadas INPA 03-11 e UFLA 03-84 foram superiores ao tratamento testemunha. A presença de teor de nitrogênio no tratamento sem inoculante e sem N mineral comprova a capacidade da população nativa em estabelecer a simbiose com feijão-caupi, leguminosa considerada promíscua (LIMA et al., 2005; MELLONI et al., 2006).

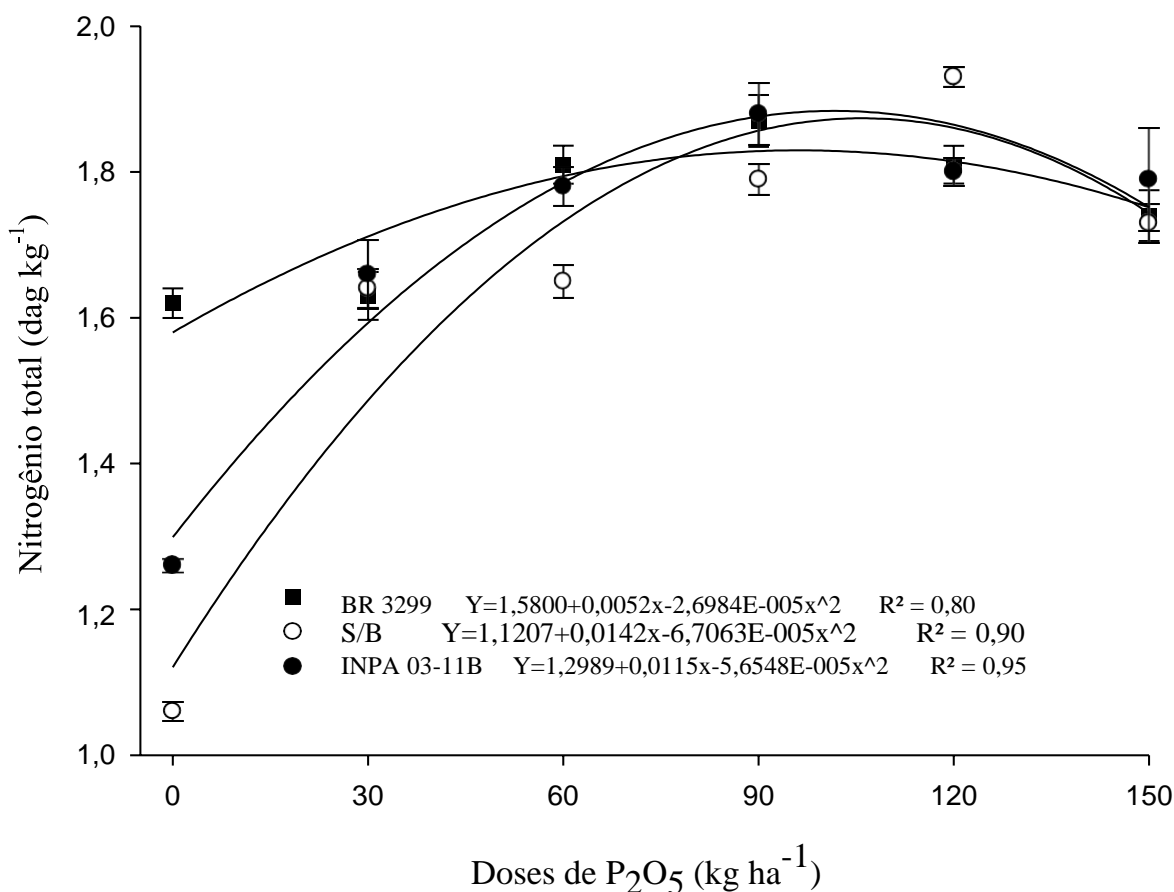


Figura – 8 Nitrogênio total de planta feijão-caupi, BRS Sempre Verde, em função das bactérias associadas às doses crescentes de P₂O₅, no município de Gurupi- TO, no ano 2016.

O modelo matemático que melhor se ajustou a todas as curvas foi o quadrático, o maior teor de nitrogênio total acumulado na massa seca da parte aérea estimado para máxima eficiência agrônômica foi 1,87 dag kg⁻¹ na dose 105,87 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ para o tratamento testemunha (S/B) e de 1,83 nas doses 96,35 e 132,63 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ para as estirpes BR 3299 e INPA 03-11B respectivamente.

Apesar de estes tratamentos terem condicionado o mesmo teor de nitrogênio, a estirpe BR3299 foi mais eficiente que a INPA03-11B, porque conseguiu o mesmo teor em uma dose menor de P₂O₅ representando economia de 37,65%. De modo geral as estirpes testadas condicionaram maior teor de nitrogênio, exceto na dose 120 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ em que o tratamento testemunha (S/B) foi superior às estirpes testadas. Segundo Costa et al. (2011), o processo de FBN é também influenciado pelas características genótípicas do macro e microsimbionte, refletindo nas diferentes respostas em relação à faixa hospedeira, especificidade e eficiência simbiótica.

Para cv. BRS Vinagre (Figura 9), todos os tratamentos foram superiores a testemunha (S/B) condicionando maior teor de nitrogênio na massa seca da parte aérea observou-se também o efeito da interação sendo positivo para os diferentes níveis de fósforo adicionados ao solo, onde o menor valor foi observado para dose 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ evidenciando a importância do P para o processo de simbiose, devido à sua importância para o estabelecimento de nodulação e fixação biológica de nitrogênio (SILVA et al, 2010). Amaral et al. (2013) avaliando a produtividade e nodulação de feijão-caupi inoculado em função de fósforo e potássio, verificaram também a interação das diferentes doses de P₂O₅ associada a rizóbio.

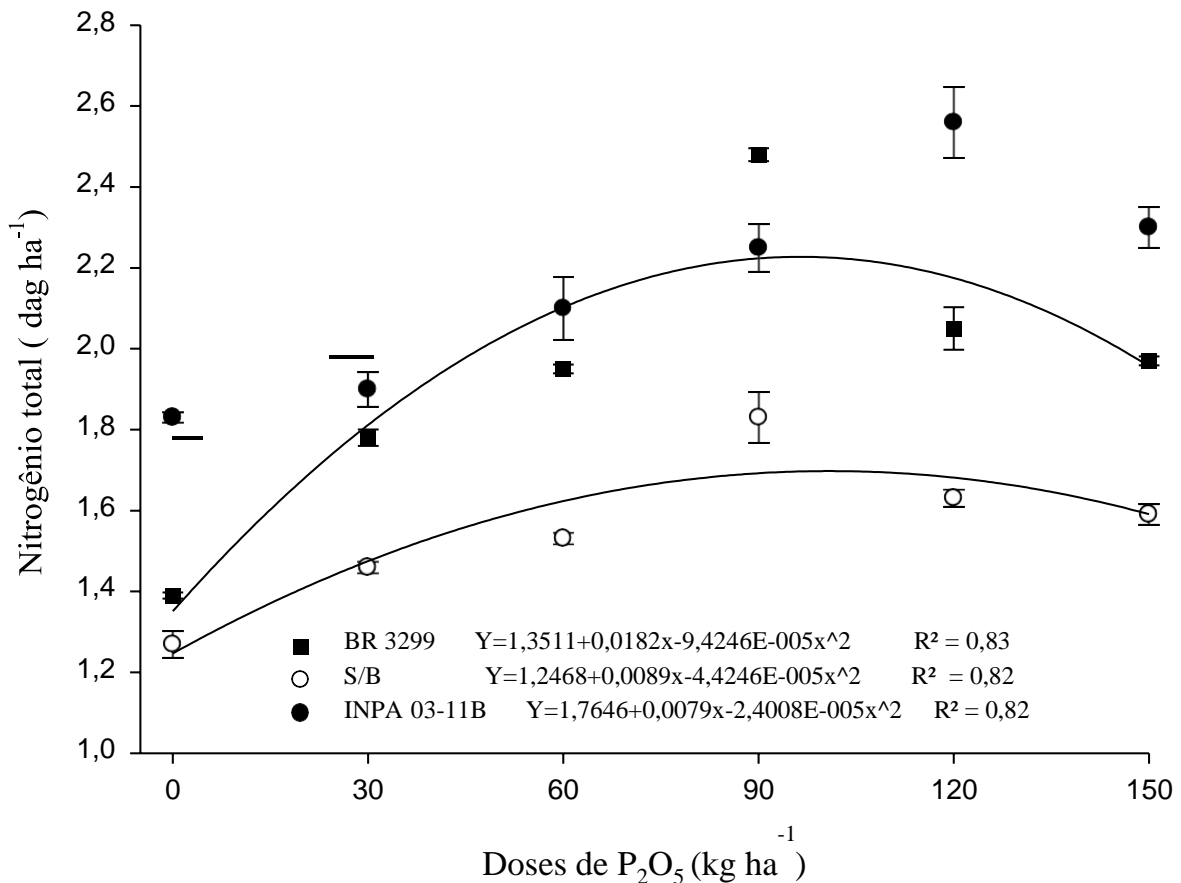


Figura – 9 Nitrogênio total de planta feijão-caupi, BRS Vinagre, em função das bactérias associadas às doses crescentes de P₂O₅, no município de Gurupi- TO, no ano 2016.

O modelo matemático que mais se ajustou a todas as curvas foi o quadrático. Por meio da derivação do modelo obteve-se que a máxima eficiência agrônômica para a variável teor de nitrogênio na massa seca da parte aérea foi 2,23 e 2,42 dag kg⁻¹ resultante da aplicação de 96,20 e 167 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para as estirpes BR 3299 e INPA 03-11B, respectivamente. Apesar da estirpe INPA03-11B ter condicionado maior teor de nitrogênio ela precisou de uma

dose 73,6% a mais que a estirpe BR 3299, ou seja, para esta característica a BR 3299 é a indicada, pois condicionou teor de N na massa seca das folhas com dose mais econômica.

Diferentemente da cv. BRS Sempre Verde os tratamentos contendo as bactérias foram superiores ao tratamento testemunha para todos os níveis de P_2O_5 corroborando com o fato de existir uma especificidade inerente também à planta hospedeira em relação ao microssimbionte no processo de simbiose.

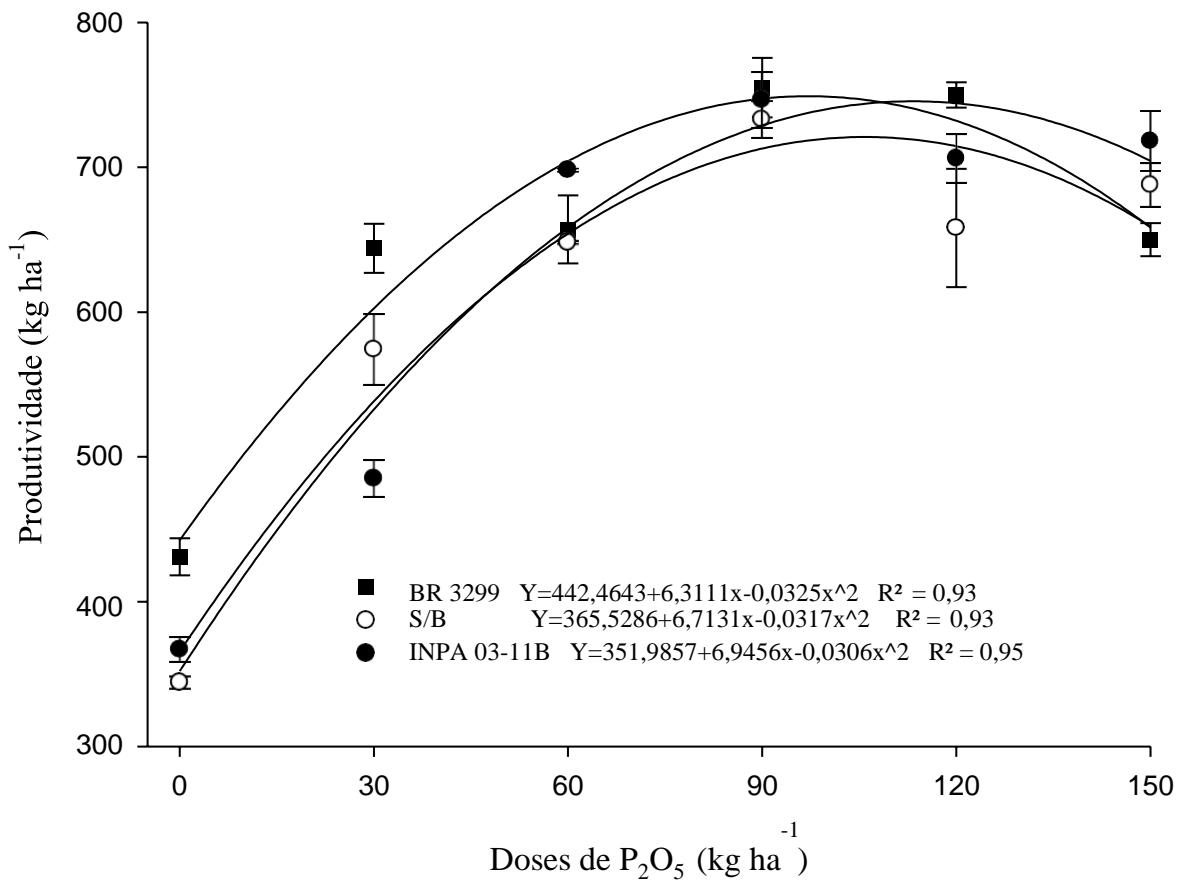


Figura – 10 Produtividade de planta feijão-caupi, BRS Sempre Verde, em função das bactérias associadas às doses crescentes de P_2O_5 , no município de Gurupi- TO, no ano 2016.

Para característica produtividade na cv. BRS Sempre Verde (Figura 10) observa-se que ocorreu interação das estirpes fixadora de nitrogênio com as doses crescentes de fósforo. Kyei-Boahen et al. (2017) avaliando rendimento e crescimento de feijão caupi inoculado e fertilizado com fósforo em diferentes ambientes verificaram também interação entre o rizóbio e as doses crescentes de fósforo corroborando com este trabalho.

Comparando os tratamentos estudados, na dose 0 kg ha⁻¹ de P_2O_5 observa-se que estirpe BR 3299 foi superior. Apresentando incremento de 21% quando comparando com o tratamento testemunha e de 25% quando comparado à estirpe INPA 03-11B, isso comprova a

sua eficiência e capacidade nodulífera em relação a esta cultivar. Neto et al. (2013) avaliando a compatibilidade do tratamento de sementes de feijão-caupi com fungicidas e inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* verificaram em seu experimento que não houve incrementos de produtividade decorrentes da inoculação diferentemente dos resultados encontrado neste estudo.

Os valores estimados para máxima eficiência agrônômica dos tratamentos foram 748, 720 e 746 kg ha⁻¹ nas doses 97,09; 105,88 e 113,49 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para estirpe BR 3299, tratamento (S/B) e INPA 03-11B, respectivamente. Apesar de não haver diferença muito grande entre os tratamentos, a estirpe BR 3299 condicionou maior produtividade com a dose menor 97,09 Kg ha⁻¹ de P₂O₅. Esses valores corroboram os encontrados por Chagas Junior et al. (2014) avaliando a eficiência da inoculação combinada de rizóbio e *Trichoderma* spp. em diferentes cultivares de feijão-caupi dentre elas a cv. BRS Sempre Verde. Uma característica importante do feijão-caupi é sua capacidade de estabelecer simbiose com bactérias do grupo rizóbio, que realizam a fixação biológica de nitrogênio (FBN), o que possibilita a obtenção de produtividades superiores a 2.000 kg ha⁻¹ sem a aplicação de fertilizantes nitrogenados, em diversas regiões do Brasil, como o Nordeste (MARTINS et al., 2003), o Norte (MELO e ZILLI, 2009). Estes valores de produtividade estão abaixo dos encontrados para estas regiões. No entanto, estão acima das médias destas regiões, onde a cultura apresenta baixa produtividade média (300 kg ha⁻¹), o que é atribuído, entre outros fatores, à baixa disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente, o N (XAVIER et al., 2007).

Para cv. BRS Vinagre (Figura 11) observa-se também que ocorreu interação entre as estirpes e doses crescentes de fósforo, porém, diferentemente do observado para cv. BRS Sempre Verde. Ao comparar os tratamentos na dose 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ a estirpe INPA 03-11B foi superior ao tratamento testemunha e a estirpe BR3299, apresentando incremento estimado de 144% em relação a testemunha e 26% em relação a estirpe BR 3299 para produtividade. É bem notório que esse processo de FBN depende da interação entre planta hospedeira, a bactéria do gênero rizóbio, além do solo e o clima (SCHWENGBER et al., 2010).

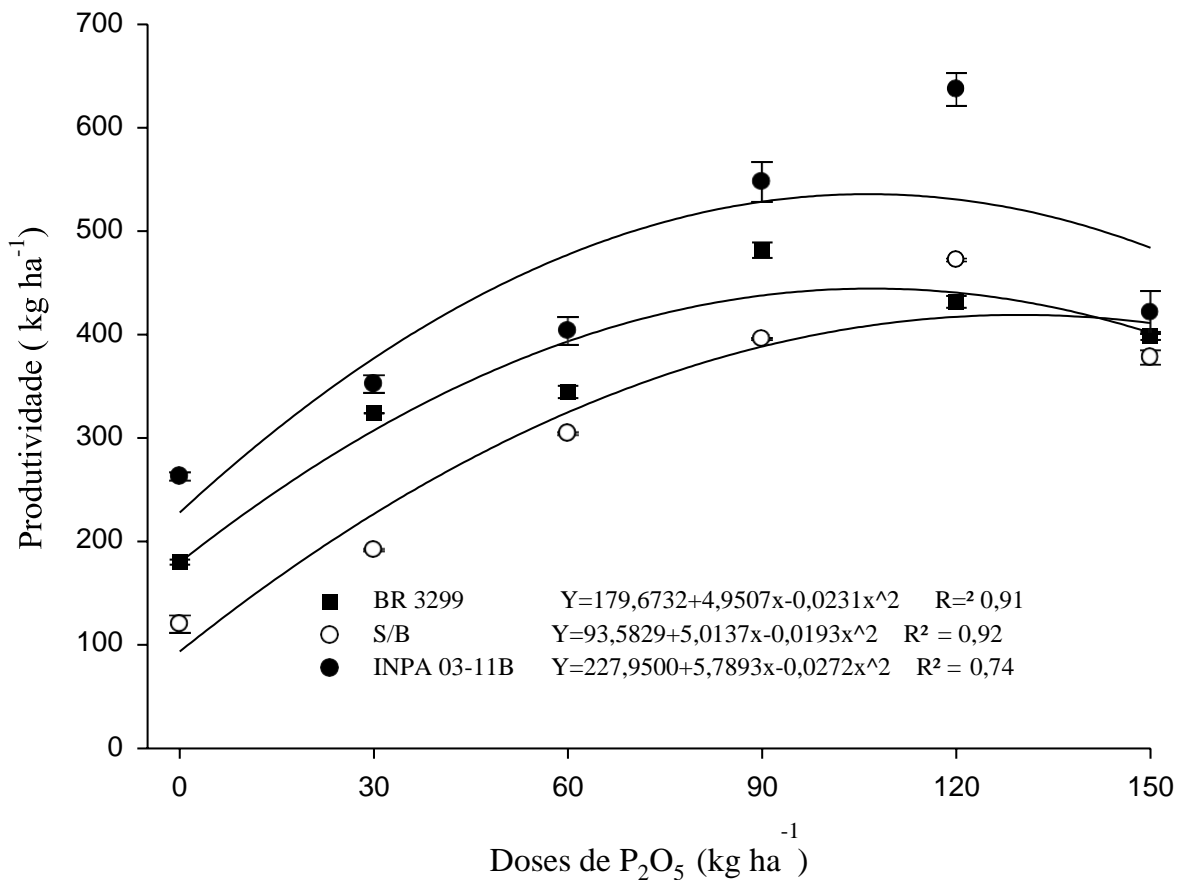


Figura – 11 Produtividade de planta feijão-caupi, BRS Vinagre, em função das bactérias associadas às doses crescentes de P₂O₅, no município de Gurupi- TO, no ano 2016.

O modelo polinomial que melhor se ajustou ao comportamento da variável produtividade, em função da interação bactérias e doses de P, foi o quadrático. A partir do modelo pode se estimar os valores das doses para máxima eficiência agrônômica que foi 107,15; 129,9 e 106,42 kg ha⁻¹ de P₂O₅ com produtividade de 444,92; 419,29 e 536,01 kg h⁻¹ de feijão-caupi para estirpe BR 3299, testemunha (S/B) e INPA 03-11B, respectivamente.

Pode se observar que a estirpe INPA 03-11B proporcionou maior produtividade com uma dose menor. Estes valores diferem dos encontrados por Coutinho et al. (2014) que foi de 912 kg ha⁻¹, porém com dose de 181,9% a mais do que a utilizada neste trabalho. Lacerda et al. (2004), em ensaio conduzido no município de Perdões, MG, utilizando a cultivar de feijão-caupi BR 14 Mulato, verificaram rendimento de grãos de 1.341 kg ha⁻¹ para o tratamento inoculado com a cepa INPA 03 11B. Segundo Sousa (2007), a inoculação do feijão-caupi com INPA 03 -11B possibilitou o rendimento de grãos, em ensaio de campo, promovendo incremento de mais de 35%, comparada à produtividade sem N-mineral e sem inoculante,

apresentando-se como alternativa de baixo custo. Neste trabalho foi observado o incremento de 144%.

Segundo Rocha (2016) as doses de P proporcionam maior simbiose, possivelmente, porque o fósforo ajuda no desenvolvimento radicular e na formação dos nódulos, o que aumenta os locais de infecção para o rizóbio, que disponibiliza nitrogênio para a planta e, por conseguinte consegue absorver mais fósforo também, o que melhora a nutrição da planta, refletindo assim numa maior produtividade de grãos.

4. CONCLUSÕES

Ocorreu interação positiva das estirpes fixadoras de nitrogênio associadas as doses crescentes de fósforo em todas as características avaliadas exceto para massa de cem grãos da cv. BRS Sempre Verde.

De modo geral as duas estirpes testada apresentaram capacidade para nodulação e FBN.

Para a cv. BRS Sempre Verde a estirpe mais indicada é INPA 03-11B; para a cv. BRS Vinagre a estirpe BR 3299 foi mais eficiente.

A dose de fósforo que condicionou a máxima eficiência agronômica variou de 70 a 110 Kg ha⁻¹.

A estirpe BR 3299 condicionou maiores teores de nitrogênio para as duas cultivares.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, F.H.C.; NOBREGA, J.C.A.; MARTINS, R.N.L.; SILVA, A.F.T.; COSTA, E.M.; NOBREGA, R.S.A.; FILHO, J.F.L.; DIÓGENES, L.C.; PACHECO, L.P. Productivity and Nodulation Cowpea Inoculated in Function of Phosphorus and Potassium. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 11, p.86-92, 2013.

BENÍCIO, L. P.F.; OLIVEIRA, V.A.; REIS, ANDRÉ, F.B.; CHACAS JÚNIOR, A.F.; LIMA, S.O. Efeitos de diferentes biofertilizantes e modos de aplicação na nodulação do feijão-caupi. **Revista Tropica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 6, n. 3 p. 111-119, 2012.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas** - noções básicas. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, p.41, 2003.

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**, v. 35, n. 4, p. 801-807, 2000.

CASTRO, A.A.S.; DAMÁSIO, A.O.C.; MENEZES, F.S.; SOUZA, J.A.; SANTANA, F.S.; MENDONÇA, D.; FACCIOLI, G.G. Análise do impacto do uso de efluentes nas características do solo da cultura do feijão-caupi BRS Nova Era. **Agroflorestalis News**, v. 1, n. 1, p. 41-47, 2016.

CHAGAS JUNIOR, 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**, v.37, n. 1, p. 20-28, 2014.

CHAGAS JUNIOR, 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 Agrônômica**, v. 41, n. 4, p. 709-7014, 2010.

CLAESSEN, M.E.C.; BARRETO, W.O.; PAULA, J.L.; DUARTE, M.N. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. revista e atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa - CNPS, 1997. 212p. (Embrapa - CNPS. Documentos, 1).

COSTA, E.M.; NÓBREGA, R.S.A.; MARTINS, L.V.; AMARAL, F.H.C.; MOREIRA, F.M.S. Nodulação e produtividade de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. por cepas de rizóbio em Bom Jesus, PI. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 1, p. 1-7, 2011.

COUTINHO, P.W.R.; SILVA, D.M.S.; SALDANHA, E.C.M.; OKUMURA, R.S; JUNIOR, M.L.S. 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, 2014.

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

FIGUEROA, J.M. Efectividad de cepas rizobianas de frijol bajo diferentes regímenes de fósforo. **Revista colombiana de biotecnología**, v. 13, n. 2, p. 162-169, 2011.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A; RIBEIRA, A. **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2005, p.519.

FRIGO, G.R. **Feijão-caupi submetido à inoculação com rizóbio e cultivado em Latossolo do Cerrado Matogrossense**. 2013. 69p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Rondonópolis, MS, 2013.

GRASSI FILHO, H. Funções do nitrogênio e enxofre nas plantas. In: VALE, D. W.; SOUSA, J. I.; PRADO, R. M. **Manejo da fertilidade do solo e nutrição de plantas**. Jaboticabal: FCAV, p. 187-197, 2010,

GUALTER, R. M. R; BODDEY, R. M; RUMJANEK, N. G; FREITAS, A. C. R; XAVIER, G. R. Eficiência agrônômica de estirpes de rizobio em feijão-caupi cultivado na região da Pré-Amazonia maranhense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 3, p. 303-308, 2011.

GUALTER, R.M.R. **Efeito da inoculação com diferentes estirpes de rizóbio na nodulação, fixação biológica de nitrogênio e na produtividade em feijão-caupi**. 2010. 72p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, p. 80, 2007.

KYEI-BOAHEN, S.; SAVALA, C.E.N.; CHIKOYE, D.; ABAIDOO, R. Growth and yield responses of cowpea to inoculation and phosphorus fertilization in different environments. **Frontiers in plant science**, v. 8, n. 646, p. 1-8, 2017.

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

LIMA, A. S.; PEREIRA, J.P.A.R.; MOREIRA, F.M.S. Diversidade fenotípica e eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* spp. de solos da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 11, p. 1095-1104, 2005.

MARTINS, L.M.V.; 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 Soils**, v. 38, n. 6, p. 333- 339, 2003.

MEDEIROS, R.; SANTOS, V.; ARAÚJO, A.; FILHO, C.O. Estresse salino sobre a nodulação em feijão-caupi. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 5, p. 202-206, 2008.

MELLONI, R.; MOREIRA, F.M.S.; NÓBREGA, R.S.A.; SIQUEIRA, J.O de. Eficiência e diversidade fenotípica de bactérias diazotróficas que nodulam caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em solos de mineração de bauxita em reabilitação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, p. 235 -246, 2006.

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

NASCENTE, A. S.; COBUCCI, T.; SOUSA, D.M.G de; LIMA, D.de P. Adubação fosfatada no sulco e foliar afetando a produtividade de grãos do feijoeiro comum. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1231-1240, 2014.

NASCIMENTO, S. P. do. **Efeito do déficit hídrico em feijão caupi para identificação degenótipos com tolerância à seca**. 2009. 109p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2009.

NETO, M.L.S.; SMIDERLE, O.J.; SILVA, K.; FERNANDES JÚNIOR, P.I. XAVIER, G.R.; ZILLI, J.E. Compatibilidade do tratamento de sementes de feijão-caupi com fungicidas e inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 1, p.80-87, 2013.

NZIGUHEBA, G.; ZINGORE, S.; KIHARA, J.; MERCKX, R.; NJOROGE, S.; OTINGA, A. Phosphorus in smallholder farming systems of sub-Saharan Africa: implications for agricultural intensification. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 104, n. 3, p. 321–340, 2016.

ROCHA, W.S. **Inoculação e doses de fósforo em feijão caupi no sul do Estado do Tocantins em casa de vegetação**: 18-34-2016. 1981. 59f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi.

ROSAL, C.J.S.de. **Doses de fósforo e zinco na cultura do feijão-caupi**. 2013. 48p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2013.

SANT’ANA, E. V. P.SANTOS, A. B. dos. SILVA, P. M. da. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura spad e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 40, n. 4, p. 491-496, 2010.

SCHWENGBER, J.A.M.; SILVA, F.F.da; SMIDERLE, O.J.; SCHWENGBER, D.R. Nodulação do feijão-caupi em função da aplicação de três águas de farinha. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 3, n. 2, p. 135-146, 2010.

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**, v. 26, n. 3, p. 394-402, 2010.

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

SOUSA, P. M. **Potencial do uso da inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio: Alternativa para aumentar a produtividade do feijão-caupi na agricultura familiar de**

Confresa, Mato Grosso. 2007. 111 f Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) Universidade Federal de Lavras, Lavras.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M.; RUMJANEK, N. G.; NEVES, M. C. P. Tolerância de rizóbio de feijão-caupi à salinidade e à temperatura em condição in vitro. **Caatinga**, v. 20, n. 4, p. 01-09, 2007.

ZILLI, J. E.; VALICHESKI, R.R.; RUMJANEK, N.G.; ARAÚJO, J.L.S.; FREIRE FILHO, F.R.; NEVES, M.C.P. Caracterização e avaliação da eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* em caupi nos solos de cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 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, 2008, 7 p. (Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 10).

ZUCARELI, C.; PRANDO, A.M.; RAMOS JÚNIOR, E.U.; NAKAGAWA, J. Fósforo na produtividade e qualidade de sementes de feijão Carioca Precoce cultivado no período das águas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 32-38, 2011.