

ANÁLISE MULTIVARIADA NO CRESCIMENTO E NODULAÇÃO DE FEIJÃO CAUPI COM DOSES DE NITROGÊNIO

Nilvan Carvalho Melo¹, Risely Ferraz de Almeida², Vicente Filho Alves Silva³,
Raphael Leone da Cruz Ferreira⁴, Gislayne Farias Valente⁵

¹Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Campus de Jaboticabal. E-mail: nilvan.melo@yahoo.com.br – Jaboticabal/SP – Brasil.

²Doutoranda em Agronomia (Ciência do Solo). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Campus de Jaboticabal.

³Professor Doutor da Universidade Federal Rural da Amazônia - Campus de Parauapebas.

⁴Mestrando em Agronomia (Ciência do Solo). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Campus de Jaboticabal.

⁵Graduanda em Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia - Campus de Parauapebas.

Recebido em: 31/03/2015 – Aprovado em: 15/05/2015 – Publicado em: 01/06/2015

RESUMO

Com a hipótese que a adição de nitrogênio (N) ao solo contribui para aumentar as características fitotecnias através da fixação biológica exercida pelo feijão, o objetivo deste trabalho foi verificar o efeito de diferentes doses de nitrogênio no crescimento e a formação de nódulos em *Vigna unguiculata* L. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia, no ano 2012, em Latossolo Amarelo Distrófico de textura argilosa, do município de Paragominas, no Estado do Pará/Brasil. O delineamento experimental utilizado foi em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos referente a dose de nitrogênio - N (T0: 0 kg de N ha⁻¹; T1: 50 kg de N ha⁻¹; 100 kg de N ha⁻¹; T3 = 150 kg de N ha⁻¹), com a adição de sementes inoculadas, estabelecido com quatro repetições. A adição de N ao solo contribuiu para o acréscimo da altura das plantas, parte aérea e raiz, matéria seca total, relação PA/Raiz e teor de N, em relação ao tratamento testemunha. No entanto, com a adição de N no solo ocorreu a diminuição no número de nodulação nas raízes. A dose de 50 kg de N ha⁻¹ ocasionou maior altura das plantas, parte aérea das plantas e a matéria seca total.

PALAVRAS-CHAVE: fixação biológica, nodulação, solo, uréia

MULTIVARIATE ANALYSIS ON GROWTH AND BEAN NODULATION COWPEA WITH NITROGEN DOSES

ABSTRACT

With the hypothesis that the addition of nitrogen (N) to soil helps to increase the fitotecnias characteristics through biological fixation exerted by beans the objective of this study was to evaluate the effect of different doses of nitrogen on growth and the formation of nodules in *Vigna unguiculata* L. The experiment was conducted in the

greenhouse of the Institute of Agricultural Sciences of the Federal Rural University of Amazonia, year 2012, in Oxisol dystrophic clayey, the municipality of Paragominas, in Para State / Brazil. The experimental design was a completely randomized design (CRD) with four treatments related to nitrogen rate - N (T0: 0 kg N ha⁻¹; T1: 50 kg N ha⁻¹, 100 kg N ha⁻¹, T3 = 150 kg N ha⁻¹), with the addition of seeds inoculated established with four replications. The addition of N to the soil contributed to the increase in plant height, shoot and roots, total dry mass ratio PA / Root and N content, compared to the control treatment. However, with the addition of N in the soil was a decrease in the number of nodules in the roots. The dose of 50 kg N ha⁻¹ resulted in a higher plant height, the shoot and total dry matter.

KEYWORDS: biological fixation, soil, nodulation, urea

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) do mundo com uma área de 1,17 milhões de hectares. Enquanto, a produção de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) corresponde cerca de 10,4% do total de feijão cultivado no Brasil. Na safra 2013/14 o caupi, com melhor produtividade, registrou elevação de 637,8 mil toneladas ou o equivalente a 22,7% com 3,44 milhões de toneladas produzidas no Brasil (CONAB, 2014).

O feijão-caupi é uma leguminosa com ampla distribuição mundial, principalmente nas regiões tropicais, em virtude de terem condições edafoclimáticas semelhantes às do seu provável berço de origem, a África (BRITO et al., 2011). No Brasil, o feijoeiro é cultivado em todos os Estados brasileiros e em diversas condições edafoclimáticas, épocas, sistemas de cultivo e com grande quantidade de cultivares (KAPPES et al., 2008).

No entanto, a produção do feijão caupi está localizada principalmente na região Norte e Nordeste no Brasil, sendo o Estado do Mato Grosso o maior produtor (CONAB, 2013). O Estado do Pará é o maior produtor de caupi da região Norte, cuja produção se concentra na mesorregião do Nordeste paraense (GALVÃO et al., 2013). Conhecido popularmente como feijão-macassar ou feijão-de-corda (BRITO et al., 2009) o feijão-caupi vem apresentando um alto crescimento na produção. No entanto, ainda existe uma necessidade no aumento da produtividade do feijoeiro devido ao alto consumo humano.

Um manejo que contribuiu para aumentar a produtividade é a utilização da adubação mineral. Dentre os nutrientes adicionados na adubação o nitrogênio (N) é o mais exigido pela planta (MALAVOLTA, 2006; ALMEIDA & SANCHES, 2012). Contudo, o N necessário á nutrição do feijoeiro pode ser adquirido, principalmente pela mineralização da matéria orgânica e da fixação biológica (BRITO et al., 2009).

Na fixação biológica o feijoeiro apresenta a capacidade de nodular com várias espécies de bactérias do grupo rizóbios estabelecidas ou nativas dos solos brasileiros (ZILLI et al., 2009). A adição de N ao solo é necessária ao feijoeiro mediante a associação de bactérias com as raízes dessas leguminosas (SILVA et al., 2006), mas ainda é necessária mais pesquisa para identificar e entender essas associações com as doses de N adicionado ao solo.

Com a hipótese que a adição de N ao solo contribui para aumentar as características fitotecnias através da fixação biológica exercida pelo feijão o objetivo deste trabalho foi verificar o efeito de diferentes doses de nitrogênio no crescimento e a formação de nódulos em *Vigna unguiculata* L.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da Área

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), no período de novembro a dezembro de 2012, em Latossolo Amarelo Distrófico de textura argilosa, do município de Paragominas, no Estado do Pará/Brasil, localizado entre as coordenadas (02°59'45" S, 47°21'10" W) e altitude média de 9 m.

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo "Aw", isto é, tropical chuvoso com estação seca bem definida, caracterizado por temperatura média anual de 27,2 °C, com umidade relativa do ar de 81% e precipitação pluviométrica com média de 1.766 mm/ano, com ocorrência de menos disponibilidade hídrica no período de julho a outubro (WATRIN & ROCHA, 1992).

As amostras de solo foram coletadas na profundidade 0-20 cm, numa área de vegetação secundária. Posteriormente, foram destorroadas, homogeneizadas, secas ao ar e peneirado em malha de 2 mm, foram tomadas amostras de solo em triplicata, para as análises químicas, no laboratório do departamento de solos da UFRA. A caracterização química foi determinada conforme metodologia descrita por EMBRAPA (1997) (Tabela 1).

TABELA 1 Atributos químicos de um Latossolo Amarelo Distrófico com textura argilosa (camada de 0-20 cm), localizado no município de Paragominas, no Estado do Pará/Brasil.

ANÁLISE DE FERTILIDADE										
pH		M.O	P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H + Al	T*	V**
H ₂ O	KCl	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----						%
5,2	4,0	18,6	5,0	0,06	1,7	0,5	0,3	3,8	6,1	33,9

Na tabela: pH em água (H₂O) e cloreto de potássio (KCl); Matéria orgânica (MO); Fósforo (P); Potássio (K⁺); Cálcio (Ca⁺²); Magnésio (Mg⁺²); Alumínio (Al⁺³); Hidrogênio mais alumínio (H+Al); Capacidade de troca catiônica-CTC (T); Saturação por bases (V).

O delineamento experimental utilizado foi em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos referente a dose de nitrogênio - N (T0: 0 kg de N ha⁻¹; T1: 50 kg de N ha⁻¹; 100 kg de N ha⁻¹; T3 = 150 kg de N ha⁻¹), com a adição de sementes inoculadas, estabelecido com quatro repetições, perfazendo 16 parcelas experimentais.

Foram utilizados vasos plásticos com capacidade para 3 dm³ de solo, apresentando furos no fundo, de modo a permitir o escoamento do excesso de água, e duas plantas de caupi (*Vigna unguiculata* L.) também conhecido como feijão-macassar ou feijão-de-corda, é uma espécie de ampla distribuição mundial, principalmente nas regiões tropicais (BRITO et al., 2009). Para a calagem, foi utilizado o calcário dolomítico com 14% de MgO e 32% de CaO e PRNT de 75%, permanecendo incubado por um período de 30 dias, para maior solubilização e reação do calcário.

Em cada unidade permaneceram duas plantas por vaso após a semeadura e emergência das plantas. As sementes foram inoculadas em laboratório com *Rhizobium* no dia da semeadura permanecendo em casa de vegetação até a

floração. A adição de N foi realizada no momento da semeadura com adição das doses utilizando a uréia (45% de N) como fonte de nitrogênio.

Variáveis analisadas

Na época da floração (40 dias após a semeadura) fez-se a colheita das plantas e as mesmas foram direcionadas para o laboratório para a caracterização das variáveis. A altura da planta foi determinada com emprego de uma régua graduada em centímetros a partir do nível do solo até a inserção da última folha. O número de nódulos foi quantificado após a colheita. O peso seco da parte aérea, raiz e matéria seca total, relação parte aérea/raiz foi realizado com a coletada e efetuada uma pesagem, sendo a pesagem realizada com o auxílio da balança eletrônica de precisão. O nitrogênio total foi determinado na parte área utilizando o método de Kjeldahl (EMBRAPA, 1997).

Processamento dos dados e análise estatística

A variabilidade das propriedades estudadas foi previamente avaliada por meio de estatística descritiva calculando-se os valores de média, desvio padrão, mínimo e máximo.

Os resultados foram submetidos aos testes de normalidade dos resíduos (Teste de Shapiro-Wilk, SPSS Inc., USA) e homogeneidade das variâncias (Teste Bartlett, SPSS Inc., USA) e obtendo o H_0 significativo. Esses testes são realizados para verificar a qualidade dos dados. Uma vez, que a falta de homogeneidade pode surgir quando, os erros experimentais têm distribuição assimétrica. Assim como a ausência da normalidade dos erros considera-se como um fator que pode alterar os resultados de testes empregados (CONAGI et al., 1993), como por exemplo o teste multivariado.

Para a análise de agrupamento, uma matriz de semelhança foi construída com a distância euclidiana e a ligação dos grupos foi realizada com o método de Ward (SNEATH & SOKAL, 1973). Neste método a distância entre dois grupos é definida como a soma de quadrados entre os dois grupos através de todas as variáveis (HAIR et al., 2005). Calculou-se a distância euclidiana entre os acessos para o conjunto das variáveis distinguindo entre os fatores estudados e expondo a estrutura de grupos contida nos dados em um gráfico dendrograma.

Para a análise de componentes principais (ACP) utilizou-se as variáveis: altura = altura das plantas; nº nódulos = número de nódulos; PA = peso seco da parte aérea; raiz = peso seco da raiz; MST = matéria seca total; PA/raiz = relação parte aérea/raiz e teor N = teor de N total da parte aérea.

Posteriormente, dimensionou-se o conjunto de variáveis de acordo com suas características para melhor visualização da relação entre as variáveis em eixos das coordenadas. Esses novos eixos, os autovetores (novas variáveis) chamados de componentes principais (CP) são gerados por combinações lineares das variáveis originais construídos com os autovalores da matriz de covariância (HAIR et al., 2005; PIOVESAN, 2008). Com o objetivo de obter um modelo mais simples e parcimonioso, utilizou-se o critério de KAISER (1958), com autovetores acima da unidade. As análises foram conduzidas no programa STATISTICA 7.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maior altura das plantas (27,8 cm) ocorreu quando foi adicionada ao solo a dose de 50 kg de N ha⁻¹, consequentemente também verificou maior peso seco da PA das plantas (13,9 g) e a MST (21,4 g) com essa dose de N. No tratamento testemunha verificou a menor altura das plantas, peso seco da parte aérea e matéria total, respectivamente, 19,1 cm, 9,2 g e 7,5 g (Tabela 2). O rápido e alto acúmulo da parte PA e MST até a floração é normal porque as plantas acumulam biomassa até a fase de reprodução e, a partir dessa fase, inicia-se a senescência vegetal, com consequente diminuição gradativa da biomassa (BRITO et al., 2009; ALMEIDA NETO et al., 2011).

Aumento nesses atributos com adição de N ocorre devido a características desse nutriente na atividade desse nutriente no metabolismo da planta (SABUNDJIAN et al., 2014). Pois, o mesmo participa da composição dos aminoácidos conexos, proteína, clorofila e muitas enzimas essenciais que estimulam o crescimento e o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular (MALAVOLTA, 2006). A adição de N no solo também contribui para aumentar a atividade microbológica do solo com acréscimos da emissão de CO₂ (ALMEIDA et al., 2014) e aumenta a produtividade do feijoeiro (FURTADO et al., 2013).

TABELA 2 Estatística descritiva das variáveis: Altura: altura das plantas; N° nódulos: número de nódulos; PA: peso seco da parte aérea; Raiz: peso seco da raiz; MST: matéria seca total; PA/Raiz: relação parte aérea/raiz; e Teor de N: N total da parte aérea, de plantas de caupi com dose de nitrogênio - N (T0: 0 kg de N ha⁻¹; T1: 50 kg de N ha⁻¹; 100 kg de N ha⁻¹; T3 = 150 kg de N ha⁻¹).

Doses de N	Altura	N° Nódulos	PA	Raiz	MST	PA/Raiz	Teor de N
0 kg de N ha ⁻¹	19,1	22,0	9,2	7,3	7,5	1,3	2,8
50 kg de N ha ⁻¹	27,8	14,0	13,9	12,3	21,4	1,1	3,2
100 kg de N ha ⁻¹	25,8	5,0	11,1	10,5	25,7	1,1	3,5
150 kg de N ha ⁻¹	20,2	2,0	10,9	9,5	20,6	1,1	4,0

Na tabela: Altura refere-se à altura da planta em cm; PA: peso seco da parte aérea, peso seco da raiz; matéria seca total, expressos em g/planta; e teor de N total da parte aérea expresso em g Kg⁻¹.

O maior teor de N na parte aérea das plantas ocorreu no tratamento com maior dose de N (150 kg de N ha⁻¹), com acréscimo de 30,0% em relação ao tratamento testemunha (Tabela 2). Na análise de agrupamento por método hierárquico o teor de N formou um grupo juntamente MST apresentando similaridade entre os mesmos no grupo 3. Nesta análise teve-se a formação total de 3 grupos. No grupo 1 a relação PA/Raiz e número de nódulo apresentaram similaridade entre os mesmos. Enquanto, no grupo 2 posicionou a Altura, PA e raiz das plantas de feijão (Figura 1).

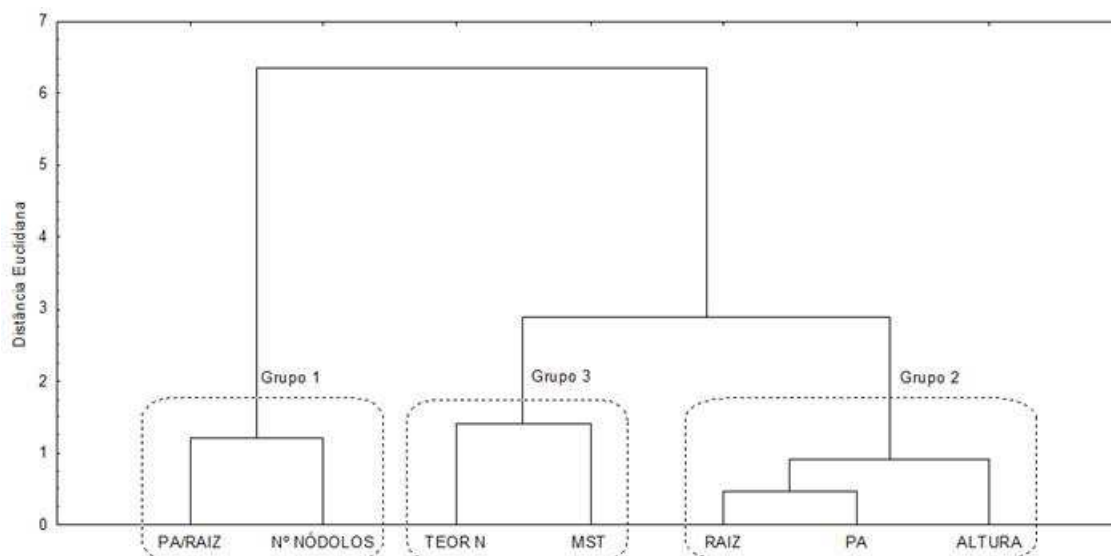


FIGURA 1 Dendrograma resultante da análise de agrupamento por método hierárquico evidenciando a formação de grupos 1, 2 e 3 dos acessos para as variáveis: Altura: altura das plantas; Nº nódulos: número de nódulos; PA: peso seco da parte aérea; Raiz: peso seco da raiz; MST: matéria seca total; PA/Raiz: relação parte aérea/raiz; e Teor de N em plantas de caupi com dose de nitrogênio.

O N adquirido pelas plantas de caupi pode ser por fixação biológica e adubação nitrogenada (HUNGRIA, 2011). Inicialmente, o N fixado é drenado preferencialmente para o desenvolvimento dos nódulos e ao maior comprometimento proporcional das reservas de N da semente para as primeiras folhas (ATKINS et al., 1989; SABUNDJIAN et al., 2014). Por isso recomenda-se a adição de baixa dose inicial de N (10 mg kg^{-1}) inicialmente (BRITO et al., 2009) o que explica os resultados obtidos com baixo número de nódulos com a dose testemunha.

Os tratamentos com as doses de N apresentaram a formação de dois grupos no biplot e verificando distinção do tratamento testemunha das demais doses. O Tratamento testemunha ficou isolado no lado esquerdo do biplot e com alta relação (aproximação) com a relação PA/Raiz e número de nódulos.

O comportamento das variáveis fitotecnias das plantas de feijão caupi formou um plano bidimensional gerado na análise de componentes principais com os dois primeiros componentes principais CP1 (26,59%) e CP2 (68,00 %), correspondendo a somatória de 94,59% da variação contida no conjunto de variáveis iniciais (Figura 2). Tais resultados condizem com o critério estabelecido por SNEATH & SOKAL (1973), em que o número de CP utilizado na interpretação deve ser tal que explique no mínimo 70% da variância total dos dados.

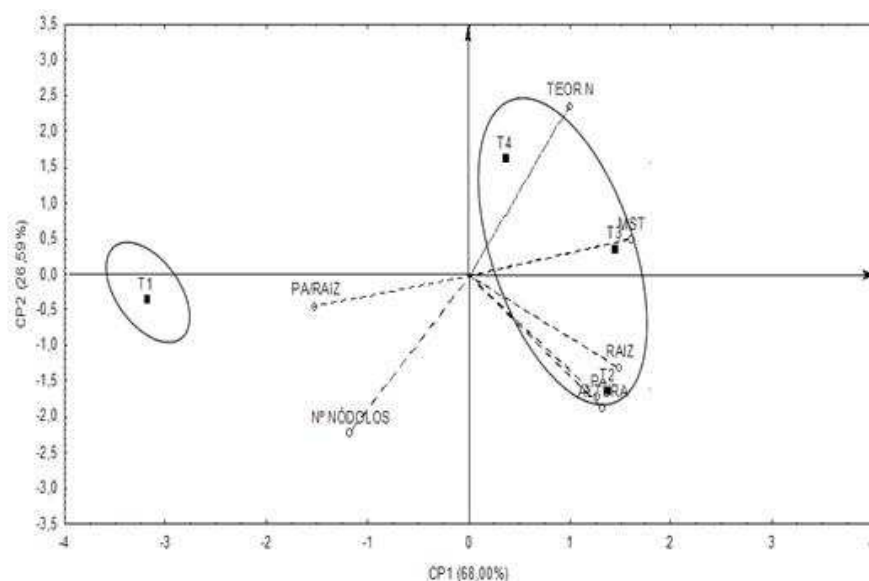


FIGURA 2 Gráfico biplot contendo as variáveis estudadas do feijão-caupi com inoculação em função das doses de N (T0: 0 kg de N ha⁻¹; T1: 50 kg de N ha⁻¹; 100 kg de N ha⁻¹; T3 = 150 kg de N ha⁻¹) em plantas de feijão caupi para as variáveis: Altura: altura das plantas; N° nódulos: número de nódulos; PA: peso seco da parte aérea; Raiz: peso seco da raiz; MST: matéria seca total; PA/Raiz: relação parte aérea/raiz; e Teor de N em plantas de caupi com dose de nitrogênio.

No primeiro componente principal e por ordem de importância, os compostos que apresentaram maiores coeficientes de correlação foram o N° nódulos (-0,72), PA (0,77), altura (0,80), Raiz (0,90), PA/Raiz (-0,94) e MST (0,98) e No segundo componente principal ficou isolado o teor de N (0,75) (Tabela 3).

Na CP1 o número de nódulo apresentou correlação negativa e comportamento similar com a relação PA/Raiz. Significando que o acréscimo do número nódulos ocorre juntamente com o acréscimo da relação PA/Raiz. No entanto, essas duas variáveis apresentam correlação inversa com PA, altura, raiz e MST das plantas (Figura 2 e Tabela 3).

TABELA 3 Coeficiente de correlação entre os escores dos componentes principais em plantas de feijão caupi para as variáveis: Altura: altura das plantas; N° nódulos: número de nódulos; PA: peso seco da parte aérea; Raiz: peso seco da raiz; MST: matéria seca total; PA/Raiz: relação parte aérea/raiz; e Teor de N em plantas de caupi com dose de nitrogênio.

Variável	CP1 (69,80%)*	CP2 (14,93%)*
ALTURA	0,80	-0,58
N° NÓDULOS	-0,72	-0,69
PA	0,77	-0,53
RAIZ	0,90	-0,40
MST	0,98	0,16
PA/RAIZ	-0,94	-0,13
TEOR N	0,60	0,75

*Valor referente à porcentagem da variabilidade do conjunto original dos dados retida pelos respectivos componentes principais. Correlações em negrito ($>0,70$ em valor absoluto) foram consideradas na interpretação do componente principal.

A correlação positiva entre a PA/Raiz com o número de nódulos ocorre porque em condições de deficiência de N no solo ocasiona o assincronismo entre o esgotamento de N dos cotilédones e o início da nodulação. Enquanto, em sistema com adição N ocorre o sincronismo do crescimento da parte aérea/raiz com a nodulação nas raízes (XAVIER et al., 2007). Acréscimos na quantidade de N solo influenciam positivamente na nodulação nas raízes de feijão (BRITO et al., 2009). No entanto, nesse experimento não verificou esse comportamento ficando isolado o N na CP2 e sem correlação com nenhuma das demais variáveis (Tabela 3).

CONCLUSÕES

A adição de N ao solo contribui para o acréscimo da altura das plantas, parte aérea e raiz, matéria seca total, relação PA/Raiz e teor de N, em relação ao tratamento testemunha. No entanto, com a adição de N no solo ocorre a diminuição no número de nodulação nas raízes. A dose de 50 kg de N ha⁻¹ ocasiona maior altura das plantas, parte aérea das plantas e a matéria seca total.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA NETO, J. X.; ANDRADE, A. P.; LACERDA, A.V.; FÉLIX, L. P; DA SILVA, D.S. Crescimento e bromatologia do feijão-bravo (*Capparis flexuosa* L.) em área de Caatinga no Curimataú paraibano, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 488-494, 2011.

ALMEIDA, R. F.; SANCHES, B. C. Fertilizantes nitrogenados com liberação lenta e estabilizada na agricultura. **Revista Verde**, v. 7, n. 5, p. 31-35, 2012.

ALMEIDA, R. F.; SILVEIRA, C. H.; MIKHAEL, J. E. R.; FRANCO, F. O.; RIBEIRO, B. T.; FERREIRA, A. S.; MENDONÇA, E. S.; WENDLING, B. CO₂ emissions from soil incubated with sugarcane straw and nitrogen fertilizer. **African Journal of Biotechnology**, v. 13, n. 33, p. 3376-3384, 2014.

ATKINS, C. A.; PATE, J. S.; SANFORD, P. J.; DAKORA, F. D.; MATTHEWS, I. Nitrogen nutrition of nodules in relation to "N-hunger" in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.), **Plant Physiol**, v. 90, n. 4, p. 1644-1649, 1989.

BRITO, M. D. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. Marcha de absorção do nitrogênio do solo, do fertilizante e da fixação simbiótica em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) determinada com uso de ¹⁵N. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 895-905, 2009.

BRITO, M. de M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. da. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 206-215, 2011.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. **Produção de grãos atinge 195 milhões de toneladas**. Brasília-DF, 2014. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/imprensa-noticia.php?id=34687>>. Acesso em: 28 abr. 2015.

CONAB- COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 1 - Safra 2013/14, n. 3 - Terceiro Levantamento, Brasília, p. 1-72, dez. 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_12_10_16_06_56_boletim_portugues_dezembro_2013.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2015.

CONAGIN, A.; NAGAI, V.; IGUE, T.; AMBROSIO, L. A. Efeito da falta de normalidade em testes de homogeneidade das variâncias. **Bragantia**, v. 52, n. 2, p. 173-180, 1993.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212 p.

FURTADO, G. F.; SOUSA JUNIOR, J. R.; XAVIER, D. A.; ANDRADE, E. M. G.; J. R. M. Componentes de produção do feijão *Vigna* sob estresse salino e doses de nitrogênio. **Revista Verde**, v. 8, n. 5, p. 130 - 136, 2013.

GALVÃO, J. R.; FERNANDES, A. R.; MELO, N. C.; SILVA, V. F. A.; ALBUQUERQUE, M. P. F. de. Sistemas de manejo e efeito residual do potássio na produtividade e nutrição do feijão-caupi. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 2, p. 41-49, 2013.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise Multivariada de Dados**. 5. ed. Bookman, Porto Alegre, 2005. 593 p.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**: Embrapa Soja, 2011. 36 p. (Documentos, 395).

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, n. 3. p. 187-200, 1958.

KAPPES, C.; WRUCK, F. J.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M. Feijão comum: características morfo-agronômicas de cultivares. **Documentos**, IAC, Campinas, 85, 2008.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Agronomia Ceres, 2006. 251 p.

PIOVESAN, P., ARAÚJO, L. B., DEANDDIAS, C. T. S. Validação cruzada com correção de autovalores e regressão isotônica nos modelos de efeitos principais aditivos e interação multiplicativa. **Ciência Rural**, v. 39, n. 1, p. 1018-1023, 2008.

SABUNDJIAN, M. T.; ARF, O.; KANEKO, F. H.; NASCIMENTO, V. Doses de nitrogênio no feijão de inverno em sucessão à gramíneas com e sem inoculação de

Azospirillum brasilense: análise econômica. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 8, n. 2, p.139-145, 2014.

SILVA, V. N.; SILVA, L. E. S. F.; FIGUEIREDO, M. V. B. Co-inoculação de sementes de caupi com *Bradyrhizobium* e *Paenibacillus* e sua eficiência na absorção de cálcio, ferro e fósforo pelas plantas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n. 1, p. 95-99, 2006.

SNEATH, P. H., SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification**. San Francisco: W. H. Freeman, 1973. 573 p.

WATRIN, O. S.; ROCHA, A. M. A. **Levantamento de vegetação natural e uso da terra no Município de Paragominas (PA) utilizando imagens TM/ Landsat**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1992. 40 p. (Boletim de Pesquisa, 124).

XAVIER, T. F.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B.; CAMPOS, F. L. Ontogenia da nodulação em duas cultivares de feijão caupi. **Ciência Rural**, v. 37, n. 1, p. 56-564, 2007.

ZILLI, J. E.; XAVIER, G. R.; MOREIRA, F. M. S.; FREITAS, A. C. R.; OLIVEIRA, L. A. Fixação biológica de nitrogênio. In: ZILLI, J. E.; VILARINHO, A. A.; ALVES, J. M. A., eds. **A cultura do feijão-caupi na Amazônia Brasileira**. Boa Vista, Embrapa Roraima, 2009. p.185-221.