



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/PRODUÇÃO VEGETAL**

RAIMUNDO SOARES DA COSTA FILHO

**BIOMETRIA E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DO FEIJÃO-CAUPI EM
DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO FOSFATADA**

TERESINA, PI.

ABRIL - 2013

**BIOMETRIA E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DO FEIJÃO-CAUPI EM
DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO FOSFATADA**

RAIMUNDO SOARES DA COSTA FILHO

**Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Agronomia do Centro de Ciências
Agrárias da Universidade Federal do
Piauí, como parte dos requisitos para a
obtenção do Título de Mestre em
Agronomia, área de concentração:
Produção Vegetal.**

TERESINA, PI.

ABRIL - 2013

**BIOMETRIA E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DO FEIJÃO-CAUPI EM
DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO FOSFATADA**

RAIMUNDO SOARES DA COSTA FILHO

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra

Coorientador: Dr. Francisco Rodrigues Freire Filho

TERESINA, PI.

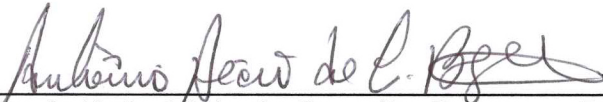
ABRIL – 2013

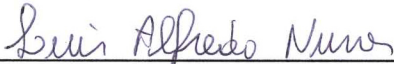
**BIOMETRIA E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DO FEIJÃO-CAUPI SOB
DIFERENTES NÍVEIS DE ADUBAÇÃO FOSFATADA**

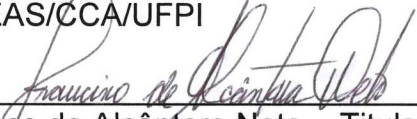
RAIMUNDO SOARES DA COSTA FILHO
Engenheiro Agrônomo

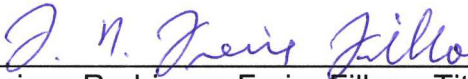
Aprovado em 13 / 06 / 2013

Comissão Julgadora:


Prof. Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra – Presidente
DPPA/CCA/UFPI


Prof. Dr. Luís Alfredo Pinheiro Leal Nunes – Titular
DEAS/CCA/UFPI


Prof. Dr. Francisco de Alcântara Neto - Titular
FITO/CCA/UFPI


Pesq. Dr. Francisco Rodrigues Freire Filho – Titular
Embrapa Amazônia Oriental

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco
Serviço de Processamento Técnico

C837b Costa Filho, Raimundo Soares da.
Biometria e componentes de produção do feijão-caupi em
diferentes doses de adubação fosfatada / Raimundo Soares da
Costa Filho. -- Teresina, 2014.
68 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade
Federal do Piauí, 2014.
Orientação: Prof. Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra.

1. *Vigna unguiculata*. 2. Análise de Crescimento.
3. Fósforo. 4. Rendimento. I. Título.

CDD 635.659 2

“Posso todas as coisas naquele que me fortalece.”
(Filipenses 4:13)

Aos meus pais Raimundo e Lina
A minha irmã Eneidia

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiro a Deus, pelo dom da vida e por ser minha força e minha confiança, e por provar que sempre está comigo;

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Piauí (UFPI), pela oportunidade de realização do Mestrado;

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa do mestrado;

A Embrapa Meio-Norte pela disponibilidade de sua estrutura física e fornecimento das sementes de feijão-caupi;

Ao Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra, pela oportunidade de trabalhar ao seu lado, pelos incentivos, conselhos, ensinamentos, cobrança, orientação, paciência, compreensão e especialmente pela amizade;

Ao Dr. Lúcio Flavio Lopes Vasconcelos, por ter dado oportunidade, atenção, orientação de fazer o levantamento dos dados fisiológicos de crescimento no Laboratório de Fisiologia Vegetal da Embrapa Meio-Norte;

Ao Dr. Francisco Rodrigues Freire Filho, pelos incentivos para realização do Mestrado, e pelos ensinamentos, orientação e amizade desde o estágio na graduação;

Aos meus pais, Raimundo Soares da Costa (in memoriam) e Lina Ferreira dos Santos Costa, pelo amor, força, ajuda, compreensão em especial por darem crédito aos meus sonhos;

A minha esposa Maria de Jesus Soares de Carvalho e filhos Maria Luiza e Francisco Ricardo pelo amor, carinho, companheirismo e paciência;

Aos meus colegas de mestrado que, a meu ver serão sempre especiais, e amigos do lado esquerdo do peito Alane, Natalia, Sulimary, Sabrina, Paulo, Agenor, Selma, Antônia, Eliane, Ricardo, Emerson, Sabrina;

Aos funcionários da Embrapa Meio-Norte, Manuel Gonçalves, Agripino Ferreira, Paulo Sérgio e Diego, pela ajuda durante o experimento, pela sua grande amizade, consideração, incentivo, disponibilidade e apoio que serão sempre lembrados;

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse sonho.

Sumário

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO.....	xi
ABSTRACT	12
1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Classificação botânica, origem e distribuição do feijão-caupi	15
2.2 Importância socioeconômica do feijão-caupi.....	15
2.3 Cultivar BRS Guariba.....	16
2.4 Cultivar BRS Tumucumaque	17
2.5. Cultivar BRS Cauamé.....	17
2.6 Necessidades hídricas do feijão-caupi.....	18
2.7 Importância do fósforo no feijão-caupi	18
2.8 Análise de crescimento do feijão-caupi	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Local do Experimento	25
3.2 Caracterização edafoclimática	25
3.3 Características do experimento	26
3.4 Preparo da área experimental e manejo do experimento.....	26
3.5 Caracteres avaliados	27
3.5.1 Características relacionadas ao porte da planta (45 DAP)	27
3.5.2 Características relacionadas à produção de grãos (70 DAP).....	27
3.5.3 Características fisiológicas	28
4.0 RESULTADO E DISCUSSÃO	30
4.1 Caracteres relacionados ao porte da planta.....	30
4.1.1 Diâmetro do hipocótilo (DHip).....	31

4.1.2 Comprimento do ramo principal (CRP)	31
4.2 Caracteres relacionados à produção.....	33
4.2.1 Número de vagens por planta (NVP)	34
4.2.2 Comprimento de dez vagens (C10V)	35
4.2.3 Peso de dez vagens (P10V)	36
4.2.4 Peso de grãos em dez vagens (PG10V)	37
4.2.5 Número de grãos em dez vagens (NG10V)	38
4.2.6 Peso de cem grãos (P100G)	39
4.2.7 Produção de vagens por planta (PVP)	40
4.2.8 Produção de grãos por planta (PGP)	41
4.2.9 Rendimento de grãos (REND)	42
4.3 Caracteres relacionados à morfofisiologia.....	44
4.3.1 Área foliar (AF - 45 DAP)	45
4.3.2 Índice de área foliar (IAF)	45
4.3.3 Matéria seca por planta (MSP)	47
4.3.4 Matéria seca por área (MSA)	48
4.3.5 Taxa de crescimento da cultura (TCC).....	49
5.0 CONCLUSÕES	50
APÊNDICE A.....	51
APÊNDICE B – Fotos do experimento	52
6.0 REFERÊNCIAS	53

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Análise de regressão para diâmetro do hipocótilo em função das doses de fósforo.	31
Figura 2. Análise de regressão para comprimento do ramo principal em função das doses de fósforo.	32
Figura 3. Análise de regressão para número de vagens por plantas em função das doses de fósforo.	35
Figura 4. Análise de regressão para comprimento de dez vagens em função das doses de fósforo.	36
Figura 5. Análise de regressão para peso de dez vagens em função das doses de fósforo.	37
Figura 6. Análise de regressão para peso de grãos em dez vagens em função das doses de fósforo.	38
Figura 7. Análise de regressão para número de grãos em dez vagens em função das doses de fósforo.	39
Figura 8. Análise de regressão para peso de cem grãos em função das doses de fósforo.	40
Figura 9. Análise de regressão para produção de vagens por planta em função das doses de fósforo.	41
Figura 11. Análise de regressão para rendimento de grãos em função das doses de fósforo.	44
Figura 12. Análise de regressão para área foliar 45 DAP em função das doses de fósforo.	46
Figura 13. Análise de regressão para índice de área foliar em função das doses de fósforo.	46
Figura 14. Análise de regressão para matéria seca por planta em função das doses de fósforo.	47
Figura 15. Análise de regressão para massa de matéria seca por área em função das doses de fósforo.	48
Figura 16. Análise de regressão para taxa de crescimento da cultura em função das doses de fósforo.	49

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Temperatura do ar média, mínima e máxima (C°), umidade relativa do ar (%), insolação mensal (MJ m ⁻² dia ⁻¹), precipitação total mensal (mm) e evapotranspiração de referência ETo (mm dia ⁻¹). José de Freitas, PI. 2013.	25
Tabela 2. Análise química e física do solo da área experimental para macronutrientes, na profundidade de 0 – 20 cm. José de Freitas, PI. 2013.	25
Tabela 3. Análise química do solo da área experimental para micronutrientes, na profundidade de 0 – 20 cm. José de Freitas, PI. 2013.	26
Tabela 4. Análise de variância, médias gerais e coeficiente de variação para diâmetro de hipocótilo (DHip) e comprimento do ramo principal (CRP) de feijão-caupi. José de Freitas, PI. 2013.	30
Tabela 5. Valores médios para o diâmetro do hipocótilo (mm) em três cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco doses de adubação fosfatada. José de Freitas, PI. 2013.	31
Tabela 6. Valores médios para o comprimento do ramo principal (cm) das três cultivares de feijão-caupi, submetidas a cinco doses de adubação fosfatada. José de Freitas, PI. 2013.	31
Tabela 7. Análise de variância, médias e coeficiente de variação para o número de vagens por planta (NVP), comprimento de dez vagens (C10V), peso de dez vagens (P10V), peso de grãos em dez vagens (PG10V), número de grãos em dez vagens (NG10V) de feijão-caupi. José de Freitas, PI. 2013.	32
Tabela 8. Análise de variância, médias e coeficiente de variação para o peso de cem grãos (P100G), produção de vagens por planta (PVP), produção de grãos por planta (PGP) e rendimento de grãos (REND) de feijão-caupi. José de Freitas, PI. 2013.	33
Tabela 9. Valores médios para o número de vagens por planta das três cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco doses de adubação fosfatada. José de Freitas, PI. 2013.	35
Tabela 10. Valores médios para o comprimento de dez vagens (cm) das três cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco doses de adubação fosfatada. José de Freitas, PI. 2013.	36
Tabela 11. Valores médios para o peso de dez vagens (g) das três cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco doses de adubação fosfatada. José de Freitas, PI. 2013.	37

Tabela 12. Valores médios para o peso de grãos em dez vagens (g) das três cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco doses de adubação fosfatada. José de Freitas, PI. 2013.	38
Tabela 13. Valores médios para o número de grãos em dez vagens das três cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco doses de adubação fosfatada. José de Freitas, PI. 2013.	39
Tabela 14. Valores médios para o peso de cem grãos (g) das três cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco doses de adubação fosfatada. José de Freitas, PI. 2013...	40
Tabela 16. Valores médios para produção de grãos por planta (g) das três cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco doses de adubação fosfatada. José de Freitas, PI. 2013.	42
Tabela 17. Valores médios para o rendimento de grãos (Kg ha^{-1}) das três cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco doses de adubação fosfatada. José de Freitas, PI. 2013.	43
Tabela 18. Análise de variância, médias e coeficiente de variação para área foliar (cm^2 45 DAP), índice de área foliar (IAF), matéria seca por planta (MSP), matéria seca por área (MSA), taxa de crescimento da cultura (TCC) de feijão-caupi. José de Freitas, PI. 2013.....	45

BIOMETRIA E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DO FEIJÃO-CAUPI EM DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO FOSFATADA

Autor: Raimundo Soares da Costa Filho
Orientador: Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra
Coorientador: Dr. Francisco Rodrigues Freire Filho

RESUMO

A baixa concentração natural, mobilidade e elevada fixação do fósforo na maioria dos solos tropicais brasileiros são fatores limitantes à nutrição e produção do feijão-caupi. Objetivou-se neste trabalho, avaliar os efeitos de cinco doses de fósforo sobre os componentes morfológicos, fisiológicos e de produção, em três cultivares de feijão-caupi. O experimento foi desenvolvido em condições de campo na Fazenda São Fernando, município de José de Freitas-PI, em um Plintossolo Háplico distrófico com baixo teor de fósforo (4 mg dm^{-3}). Adotou-se o delineamento experimental em blocos completos casualizados com quatro repetições, constituindo-se de um fatorial 5×3 , sendo cinco doses de fósforo (0, 60, 120, 180 e $240 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$) e três cultivares de feijão-caupi (BRS Guariba, BRS Tumucumaque e BRS Cauamé). O diâmetro do hipocótilo (mm), comprimento do ramo principal (cm), número de vagens por planta, comprimento de dez vagens (cm), peso de dez vagens (g), peso de grãos em dez vagens (g), número de grãos em dez vagens, peso de cem grãos (g), produção de vagens por planta, produção de grãos por planta, rendimento de grãos (kg ha^{-1}), área foliar (cm^2), índice de área foliar, matéria seca por planta (g plantas^{-1}), matéria seca por área (kg ha^{-1}), taxa de crescimento da cultura ($\text{g cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), aumentaram significativamente com o aumento das doses de fósforo aplicados no solo. A utilização do fósforo na dose $183,13 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 proporcionou o máximo rendimento técnico de grãos, estimado em $2.023,25 \text{ kg ha}^{-1}$ nas três cultivares estudadas.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, análise de crescimento, rendimento, fósforo.

BIOMETRICS AND PRODUCTION COMPONENTS OF COWPEA IN DIFFERENT DOSES OF PHOSPHATE FERTILIZATION

Author: Raimundo Soares da Costa Filho
Adviser: Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra
Co-Adviser: Dr. Francisco Rodrigues Freire Filho

ABSTRACT

The natural low concentration, mobility and high phosphorus fixation in most tropical soils Brazilians are limiting factors of the cowpea nutrition and production. The objective was to evaluate the effects of phosphorus in five doses on the morphological, physiological and production components of three cowpea cultivars. The experiment was developed under field conditions on the San Fernando farm, in José de Freitas/PI city, in a Plintossolo Háplico dystrophic with low phosphorous content (4 mg dm^{-3}). The experimental design was complete randomized blocks with four repetitions, and a 5×3 factorial, five doses of phosphorus (0, 60, 120, 180 and 240 kg ha^{-1} of P_2O_5) and three cowpea cultivars (BRS Cauamé, BRS Guariba and BRS Tumucumaque). The hypocotilum diameter (mm), main branch length (cm), pods number per plant, ten pods length (cm), ten pods weight (g), grain weight in ten pods (g), grains number in ten pods, 100 grains weight (g), pods and grain production per plant, grain yield (kg ha^{-1}), leaf area (cm^2), leaf area index, matter per plant (g plant^{-1}), matter per unit area (kg ha^{-1}), crop growth rate ($\text{g cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$), increased significantly with increasing phosphorus doses in the soil. The use of phosphorus on dose $183,13 \text{ kg ha}^{-1}$ of P_2O_5 provided the maximum grain yield, estimated in $2,023.25 \text{ kg ha}^{-1}$ in the three cowpea cultivars studied.

Key words: *Vigna unguiculata*, growth analysis, yield, phosphorus.

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), originário do continente africano, é tradicionalmente cultivado por agricultores familiares nas regiões Norte e Nordeste do Brasil como cultura de subsistência. É uma planta rústica, utilizada como uma das principais fontes de proteína na dieta alimentar dessas regiões, de alto valor nutritivo, geradora de renda no meio rural, principalmente das camadas sociais de menor poder aquisitivo, por ser uma cultura de fácil manejo e baixo custo de produção. É uma excelente fonte de proteínas (23-25%) em média, apresentam todos os aminoácidos essenciais, carboidratos, vitaminas e minerais além de possuir grande quantidade de fibra dietética, baixa quantidade de gordura e não contém colesterol (ANDRADE JÚNIOR et al., 2000). Nos últimos anos vem ocupando posição de destaque na agricultura empresarial, principalmente nos cerrados, devido aos bons rendimentos econômicos.

A cultura adapta-se bem a diversas condições edafoclimáticas, com predominância em regiões tropicais, apesar de ter um bom potencial produtivo, pode apresentar baixas produtividades devido a práticas de manejo inadequadas. Dentre os elementos minerais que merecem especial atenção, está o fósforo, pois sua carência tem limitado a produtividade do feijão-caupi.

O fósforo é essencial para o metabolismo das plantas, o qual participa na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese, é componente estrutural de ácidos nucleicos, material genético de cromossomos, assim como também de coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídeos (MALAVOLTA, 1980).

O baixo teor natural de fósforo na maioria dos solos tropicais brasileiros precisa ser considerado, principalmente, em função da sua importância para o bom desenvolvimento e rendimento da cultura, que embora seja pouco exigido pelo feijão-caupi, é o nutriente mineral que mais limita sua produtividade. Dessa forma, o adequado fornecimento de fósforo ao feijão-caupi é de fundamental importância para que a cultura obtenha o máximo desenvolvimento e rendimento econômico.

A eficiência da adubação fosfatada é baixa, pois grande parte do nutriente adicionado ao solo torna-se imóvel ou não disponível às plantas, isso ocorre em virtude de reações de adsorção em colóides minerais, precipitação ou conversão em formas orgânicas (HOLFORD, 1997).

A resposta do fósforo na cultura do feijão-caupi está em aumentar produtividade primária de matéria seca da parte aérea, com consequente aumento no desenvolvimento na área foliar da planta e aumento total da massa de grãos colhidos, na transformação de energia luminosa em rendimentos econômicos satisfatórios, resultando em processos fotossintéticos mais eficientes.

Em contrapartida, a ausência de um programa de manejo de nutrientes e a utilização de cultivares tradicionais com baixa qualidade agronômica, bem como, a falta de conhecimento de nossos agricultores, são alguns dos fatores que contribuem para o baixo rendimento da cultura. A utilização de cultivares melhoradas, com características agronômicas desejáveis, tais como: porte semiereto, maturação uniforme, resistentes a viroses, adaptadas às condições locais de solo e clima, que possibilitem colheita mecânica, tem melhorado a produtividade e reduzido os custos de produção da cultura, a qual tem se expandido para grandes regiões produtoras de grãos em cultivo posterior a soja ou ao milho (FREIRE FILHO, 2006).

Nos últimos anos, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária tem lançado novas cultivares de feijão-caupi e, como resultados, tivemos aumentos de produtividade, melhorias na arquitetura da planta e materiais adaptados à diversas condições ambientais de cultivo. Mesmo assim, os estudos continuam, tornando-se necessário avaliar o potencial genético produtivo da cultura, em diferentes condições de clima, solo e de adubação. Assim, a busca por soluções agronômicas viáveis para a cultura, torna-se fundamental para a obtenção de máxima produtividade, sem afetar a qualidade ambiental, buscando viabilidade agrícola e econômica dos sistemas produtivos.

Dentre as formas de conhecer as melhores condições de adaptação de uma planta aos ambientes de cultivo está a análise de crescimento, que se destaca como uma ferramenta eficaz de avaliação, principalmente, por expressar as condições morfofisiológicas da planta, bem como pela capacidade de avaliar sua produção líquida, derivada do processo fotossintético, resultado do desempenho do sistema assimilatório durante certo período de tempo (BENINCASA, 2003).

Objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito de cinco doses de fósforo sobre os componentes morfológicos, fisiológicos e de produção em três cultivares de feijão-caupi.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Classificação botânica, origem e distribuição do feijão-caupi

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) também é conhecido por feijão-de-corda ou feijão-macassar no Nordeste; podendo ser denominado de feijão-de-praia, feijão-de-estrada e feijão-da-colônia na região Norte, recebendo ainda o nome de feijão-fradinho nos Estados do Rio de Janeiro e Bahia (FREIRE FILHO et al., 2005). É uma planta Dicotiledônea, que pertence à ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseoleae*, subtribo *Phaseolinae*, gênero *Vigna*, seção *Catjang* e espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (PADULOSI; NG, 1997; FREIRE FILHO et al., 2005).

Possui como centro primário de diversidade o oeste da África, mais precisamente a Nigéria (STEELE; MEHRA, 1980; NG; MARÉCHAL, 1985), sendo introduzido na América Latina no século XVI, primeiramente nas colônias Espanholas e, em seguida, no Brasil, provavelmente na região do Estado da Bahia, posteriormente expandiu-se para outros estados do Brasil (FREIRE FILHO et al., 1988).

2.2 Importância socioeconômica do feijão-caupi

O feijão-caupi é uma leguminosa de alto valor nutricional, importante fonte de proteína vegetal (23-25%), carboidratos (62% em média), vitaminas e minerais, fibras dietéticas, com baixo teor de gordura (2% em média) (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002). O feijão-caupi encontra-se em processo de expansão na região Centro-Oeste do país, em função principalmente, do sucesso dos lançamentos de cultivares com porte ereto e maturação uniforme, características essenciais para o cultivo mecanizado da cultura (FREIRE FILHO et al., 2005).

A espécie é caracterizada pela rusticidade e grande variabilidade genética, podendo ser explorada em diferentes sistemas de produção (ANDRADE et al., 2010). Apresenta ainda, boa adaptabilidade às condições de estiagem prolongada (MIRANDA et al., 2010).

A produção mundial do feijão-caupi atingiu no ano de 2009 um total de 5,1 milhões de toneladas em 11,5 milhões de hectares (FAOSTAT, 2012). Para (SINGH, 2006) a cultura apresenta-se importante economicamente em mais de 65 países, sendo Nigéria (57,39%), Níger (17,70%) e Brasil (13,38%), os maiores produtores.

O Brasil ocupa posição de destaque na produção de feijão-caupi com produção no ano de 2012 de 330.216 toneladas em área cultivada de 983.274 milhões de hectares, com produtividade de grãos estimada em 336 kg ha^{-1} , consumo per capto de 12,7 kg/hab/ano (IBGE, 2012). A cultura enquadra-se no perfil da agricultura familiar, e atualmente está sendo explorada por grandes empreendimentos agrícolas, em sistema de produção que utiliza altas tecnologias devido à existência de plantas com arquitetura mais modernas, como o porte ereto, semiereto e hábito de crescimento determinado (BEZERRA et al., 2008)

No Nordeste do país, a produtividade é considerada baixa, estimada em 191 kg ha^{-1} , no ano agrícola de 2012, sendo o Piauí o terceiro maior produtor com produtividade de 342 kg ha^{-1} , em cultivo de primeira safra, e 613 kg ha^{-1} em segunda safra 2011. Entretanto, os Estados como Mato Grosso e Ceará, apresentaram em 2011, produtividades superiores, a 1.000 kg ha^{-1} , em cultivo de segunda safra e irrigados (EMBRAPA, 2012). Valores considerados baixos, quando comparados com o potencial genético da cultura, que é superior a 6000 kg ha^{-1} (FREIRE FILHO et al., 2005).

O Piauí cultivou em 2012, uma área em torno de 157.739 ha com uma produção de 26.520 toneladas e produtividade média de 168 kg ha^{-1} , sendo a maior parte cultivada em plantio de primeira safra, apenas 10% é efetuado em cultivo de segunda safra. Neste Estado, o feijão-caupi é cultivado em duas épocas de plantio: em primeira safra, caracterizada pelo sistema de cultivo em sequeiro que está associada ao início da estação chuvosa, tendo maior ocorrência no período de novembro a março, com concentração nos meses de dezembro a janeiro (80%), e a colheita concentrando-se no período de março a junho. E o cultivo de segunda safra, que está associado ao final da estação chuvosa, tendo maior ocorrência no período de abril a agosto, com concentração nos meses de maio a junho (80%), (CARDOSO, 2000).

2.3 Cultivar BRS Guariba

O cultivar BRS Guariba foi obtido do cruzamento da linhagem IT85F-2687, introduzida do International Institute of Tropical Agriculture – IITA, em Ibadan, Nigéria, com a linhagem TE87-98-8G, do Programa de Melhoramento da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI.

Essa cultivar possui ciclo de aproximadamente 70 dias, com floração aos 41 dias, as plantas apresentam porte semiereto, a coloração do grão é branca, o teor de proteína está na faixa de 22%, peso médio de 100 grãos na faixa de 19,5 g, tamanho médio de vagens 17,8 cm, produtividade média de grãos de 1.475 kg ha⁻¹.

A BRS Guariba é recomendada para condições de alta tecnologia, solo corrigido e fertilizado, sendo o genótipo BRS Guariba indicado para cultivo na região Meio-Norte do Brasil (FREIRE FILHO et al., 2006).

2.4 Cultivar BRS Tumucumaque

A cultivar BRS Tumucumaque foi selecionada do cruzamento com código MNC99-537, que tem como parental feminino a linhagem TE96-282-22G, posteriormente lançada com o nome de BRS Guariba e, como parental masculino, a linhagem IT87D-611-3, procedente do International Institute of Tropical Agriculture – IITA, em Ibadan, Nigéria.

A cultivar BRS Tumucumaque tem ciclo em torno dos 70 dias, porte semiereto, floração aos 37 dias, peso médio de 100 sementes em torno de 19,5 g, rico em ferro e zinco, com ramos consistentes o que lhe confere um bom nível de resistência ao acamamento. Têm vagens rochas e grãos brancos, que são levemente reniformes, comprimento médio de vagens de 21 cm, com média de produtividade de 1.100 kg ha⁻¹.

2.5. Cultivar BRS Cauamé

A cultivar BRS Cauamé (MNC99-541F-5), foi obtida do cruzamento com código MNC99-541. Tem como parental feminino a linhagem TE93-210-13F e como parental masculino a linhagem TE96-282-22G, que posteriormente foi lançada com o nome de BRS Guariba. As gerações segregantes do cruzamento MNC99-541 foram conduzidas pelo método da descendência de uma única vagem da geração F₂ até a F₅. Em F₆ foi feita uma seleção entre as linhas dando-se ênfase ao porte ereto e à qualidade de grãos. Com base nos resultados desses ensaios foi selecionada para lançamento comercial com o nome de BRS Cauamé.

A cultivar BRS Cauamé tem ciclo em torno dos 70 dias, porte semiereto, floração aos 38 dias, peso médio de 100 sementes em torno de 17 g, rico em ferro e zinco, seus ramos são consistentes, sendo por isso, bastante resistente ao acamamento. Suas vagens são de coloração amarelo clara, seus grãos são de cor

branca e levemente reniforme, o comprimento das vagens é de 17,2 cm e a média de produtividade está em torno de 1.024 kg ha⁻¹.

2.6 Necessidades hídricas do feijão-caupi

A necessidade de água do feijão-caupi é bastante variável em seus estádios de desenvolvimento, aumentando de um valor mínimo na germinação até um valor máximo na floração e na formação de vagens, e decrescendo a partir do início da maturação (NÓBREGA et al., 2001). Pode variar de 300 mm a 450 mm durante o ciclo bem distribuído nos diferentes estádios de desenvolvimento, sendo esta variação dependente da cultivar, do solo e das condições climáticas locais. Segundo Andrade Júnior et al. (2002), o consumo hídrico diário raramente excede 3,0 mm, quando a planta está na fase inicial de desenvolvimento.

A determinação do coeficiente de cultivo (Kc) é fundamental para se obter as necessidades hídricas da cultura ao longo dos estádios de desenvolvimento, sendo o Kc variável de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura, das condições de solo e clima locais, das frequências de chuvas e de irrigação. Assim, a utilização de valores obtidos de outras regiões pode gerar erros consideráveis na estimativa do consumo hídrico da cultura (BASTOS et al., 2008).

Estudos de Andrade Júnior et al. (2002) constataram que o cultivo irrigado do feijão-caupi é viável, independentemente da época do ano, desde que a irrigação seja feita com um nível de manejo adequado, de modo a manter o solo sempre com uma umidade próxima da capacidade de campo.

2.7 Importância do fósforo no feijão-caupi

O fósforo (P) é o nutriente mais limitante à produção de biomassa em solos tropicais. Solos estes que na grande maioria em função do avançado intemperismo, apresentam elevada eletropositividade e adsorção aniônica, como a de fósforo. Esses tipos de solos competem com a planta pelo fósforo adicionado, portanto, respondem a grandes adições de adubos fosfatados, aumentando consequentemente, a produção vegetal, com reflexos econômicos acentuados (NOVAIS; SMYTH, 1999).

De um modo geral, os solos brasileiros são carentes de fósforo, em consequência do material de origem e da forte interação do fósforo com o solo.

Entretanto, para diferentes classes de teores desse nutriente no solo, são obtidas curvas de respostas correspondentes (RAIJ, 1991).

Os solos, porém, diferem quanto à imobilização de fosfatos, sendo que as condições que favorecem aos maiores índices desse fenômeno são: os maiores teores de argila, maior ocorrência na argila de óxidos de ferro e alumínio, e menores valores de pH (RAIJ, 1983).

A aplicação de fósforo em doses elevadas em solos intemperizados é justificada pela intensa fixação desse elemento, ocasionando baixo conteúdo de fósforo disponível, principalmente, em solos onde há predomínio de minerais sesquióxidos (BÜLL et al., 1998; NOVAIS; SMYTH, 1999). Sabe-se ainda, que a eficiência agrônômica dos adubos fosfatados pode ser afetada pelas fontes de fosfato, propriedades do solo, modos de aplicação e espécies vegetais (CHIEN; MENON, 1995).

A carência de fósforo nos solos tropicais é bastante conhecida, sendo esta limitação nutricional, mais comum na produção agrícola dos trópicos (ZUCARELI et al., 2006). Dessa forma, a distribuição do fertilizante fosfatado, a fonte de fósforo utilizada, o teor do nutriente no solo, as doses de fósforo na adubação de fundação e os seus efeitos na morfofisiologia da planta, são fundamentais para que a cultura obtenha a máxima produtividade (SILVA, 2007).

A deficiência está relacionada a três problemas principais: o baixo teor do nutriente no solo, tornando-o pouco disponível à absorção pelas plantas, a reduzida solubilidade dos compostos de fósforo encontrados no solo, as mudanças nas transformações de fósforo lábeis em fósforo não lábeis (fixação), quando fontes solúveis de fertilizantes fosfatados e resíduos orgânicos, são adicionados ao solo. Neste ultimo caso, compostos não reativos são formados e, do total de fósforo aplicado, em geral somente uma pequena fração do nutriente poderá ser absorvida pelas plantas, no ano de aplicação (ROLIM NETO et al., 2004).

O uso do fósforo como nutriente nas lavouras deve ter como princípio básico, a filosofia da maximização de sua eficiência, com adições mínimas e redução de suas perdas, tendo em vista que as reservas mundiais de fósforo são finitas. A quantidade do nutriente utilizada deve ser determinada objetivando a obtenção da máxima produtividade econômica, ou seja, associada à máxima receita líquida. Entretanto, para regiões com características diferentes de solo, clima, sistema de cultivo, diferentes materiais genéticos, não há recomendação pré-determinada para

cada situação específica. Deve-se considerar por ocasião de cada região a análise química do solo, o nível tecnológico e principalmente o fator econômico (MELO et al., 2010).

Dentre os fatores responsáveis pela baixa produtividade pode ser destacada, a falta do uso de corretivos do solo e o cultivo em áreas com baixa fertilidade, em especial o baixo teor de fósforo, característica predominante nos solos tropicais (SILVA et al., 2010).

A cultura do feijão-caupi tem apresentado baixa produtividade de grãos, em função do manejo inadequado de fertilizantes (CARDOSO et al., 1997). O fornecimento de fósforo nas doses adequadas para a planta favorece o bom desenvolvimento do sistema radicular, aumenta a absorção de água e de nutrientes, conseqüentemente, melhora o vigor das plantas, favorece a floração e a frutificação, aumenta a qualidade e o rendimento dos produtos colhidos, incrementa a precocidade e a produção (FILGUEIRA, 2000). O fósforo é considerado essencial no metabolismo da planta, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e fotossíntese, sendo componente estrutural dos ácidos nucléicos, de genes e cromossomos, assim como, muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídios (MALAVOLTA, 1980).

O fósforo no feijão tem proporcionado frequentes respostas, em função da baixa disponibilidade no solo, a qual afeta negativamente, o crescimento das plantas e sua produção (PASTORINI et al., 2000). Entretanto, há necessidade do planejamento de uma adubação fosfatada de forma eficaz na cultura do feijão. Para isso, é fundamental o conhecimento das melhores condições de absorção do nutriente, objetivando a aplicação deste na época correta, em doses adequadas para cada tipo de solo, facilitando a absorção deste nutriente pela cultura.

Sampaio et al. (2009) ao estudarem a absorção do fósforo pelo feijão-caupi em um Latossolo Amarelo, textura arenosa no Estado do Pará, verificaram que este nutriente foi menos absorvido após a emergência das plântulas, mais exportado por ocasião da colheita e exigido em todo o ciclo da cultura. A absorção do fósforo foi lenta inicialmente, elevando-se aos 25 dias. Os valores máximos acumulados (12 kg ha⁻¹) foram verificados na faixa de 47 a 68 DAE (dias após emergência), com demandas em torno de 47 DAE, sendo a taxa diária de 0,49 kg ha⁻¹.

O comportamento do feijão-caupi foi avaliado sob diferentes lâminas de água (273, 257, 242, 187 mm) e doses de fósforo (0, 70, 140, 210 kg ha⁻¹ de P₂O₅),

usando como fonte o superfosfato triplo, em Boa Vista Roraima. As massas secas da parte aérea e de 100 grãos foram afetadas significativamente pela interação entre laminas de água e as doses de fósforo, enquanto o número de grãos por vagens e o comprimento de vagem foram afetadas apenas pelas doses de fósforo. A dose de máxima eficiência econômica foi de 89,45 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com rendimento de grãos de 1.306 kg ha⁻¹ (OLIVEIRA et al., 2011).

Em um experimento utilizando seis doses de fósforo (0, 20, 40, 60, 80, 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅), tendo como cultivar a BRS Guariba, foi verificado efeito quadrático para rendimento de grãos em relação às doses de fósforo, com um máximo rendimento técnico de grãos de 1.559 kg ha⁻¹ e máximo econômico de 1.557 kg ha⁻¹, obtidos com as doses de 58,2 e 54,9 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (CARDOSO et al., 2006).

Silva et al. (2010) avaliaram a resposta do feijão-caupi a diferentes doses e formas de aplicação de P em Latossolo Amarelo no Estado de Roraima, verificaram que a dose de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionou maior produtividade de grãos (1.177 kg ha⁻¹) e aumento da concentração de P nas folhas (3,61 mg kg⁻¹) quando aplicado em sulco duplo. Segundo estes autores, as concentrações encontrados nas folhas estão dentro da faixa considerada adequada pela literatura para o feijão-caupi, que é de 2,6 a 5,0 mg kg⁻¹ (MALAVOLTA, 1989).

Singh et al. (2011) trabalhando na Nigéria com duas variedades de feijão-caupi e quatro doses de P₂O₅, (0, 20, 40 e 60 em kg ha⁻¹), observaram que as doses crescentes de fósforo afetaram positivamente os componentes de produção, número de vagens por planta, rendimento de grãos e de matéria seca, e o peso de 100 sementes, com maior resposta à aplicação de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Estudos de Zucareli et al. (2006) avaliaram o efeito da adubação fosfatada sobre os componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão utilizando como cultivar teste a IAC carioca, verificaram que a dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na semeadura do feijão, proporcionou um aumento no número de vagens e no número de sementes por planta, enquanto que a qualidade fisiológica das sementes de feijão, não foi alterada pela aplicação de P₂O₅.

Para Benvindo (2012) que avaliou o efeito da aplicação de seis doses de fósforo na semeadura do feijão-caupi (0; 50; 100; 150; 200 e 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅), na forma de superfosfato triplo em um Neossolo Quartzarênico no município de Bom Jesus-PI, concluí-o que as doses de P₂O₅ elevaram os teores do nutriente no solo e na planta, tanto nas folhas como nas sementes de feijão-caupi, porém, reduziu os

teores foliares de zinco. A aplicação de fósforo incrementou a produtividade do feijão-caupi atingindo 1.319 kg ha^{-1} de grãos na dose de 168 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

A importância do fósforo no metabolismo das plantas e a baixa disponibilidade do nutriente na fase inicial do ciclo vegetativo podem causar restrições ao seu desenvolvimento (SOUTO et al., 2009). Para Pastorini et al. (2000) o crescimento e produção das culturas são afetadas negativamente e as plantas não se recuperam posteriormente, mesmo elevando o suprimento de fósforo a doses consideradas adequadas. Para Grant et al. (2001) o suprimento adequado de fósforo é diferente dos demais nutrientes, e este é essencial, desde os estádios iniciais de desenvolvimento da cultura.

2.8 Análise de crescimento do feijão-caupi

As técnicas de avaliação de crescimento foram desenvolvidas, no início do século XX, pelos investigadores britânicos por Briggs et al. (1920) e West et al. (1920) que, além de apresentarem as fórmulas de análise de crescimento, suas derivações e condições necessárias para sua utilização correta, discutem alternativas e métodos que envolvem uma descrição matemática do peso da massa matéria seca e da área foliar em função do tempo, seguida de cálculos de diferentes parâmetros de crescimento.

O fundamento dessa avaliação é a medida sequencial da acumulação de matéria orgânica na planta, sendo que a sua determinação é efetuada, geralmente, considerando a matéria seca ou a sua fitomassa (MAGALHÃES, 1985).

As respostas fisiológicas das culturas relacionam-se diretamente à radiação solar, a intensidade luminosa, processos fotossintéticos, alongamento da haste principal e ramificações, expansão foliar e nodulação (CÂMARA, 1998). Tal conhecimento deve ser baseado em testes e modelos de simulação do crescimento e produção de uma determinada cultura (PEIXOTO, 1999).

Para Nobrega et al. (2001) o crescimento da planta como um todo, em termos de aumento de volume, de peso, de dimensões lineares e de unidades estruturais, ocorre em função do que a planta armazena e do que a planta produz em termos de material estrutural.

Para Benincasa (2003) o fundamento da análise de crescimento baseia-se no fato de que, em média, 90% da matéria orgânica acumulada ao longo do crescimento da planta é resultante da atividade fotossintética. A análise quantitativa

de crescimento é constituída de modelos e fórmulas matemáticas objetivando avaliar índices de crescimento das plantas, sendo muitos deles, relacionados com a atividade fotossintética. Estas informações são obtidas a intervalos de tempo regulares, comumente a uma semana ou cada 14 dias para culturas de ciclo curto (CASTRO et al., 1984; MAGALHÃES, 1985; BRANDELERO et al., 2002).

As informações relacionadas às quantidades de matéria seca e de área foliar em função do tempo são utilizadas na estimativa de diversos índices fisiológicos, associados às diferenças de desenvolvimento entre cultivares da mesma espécie, a saber: área foliar (AF), índice de área foliar (IAF), taxa de crescimento da cultura (TCC), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL) (REIS & MULLER, 1978; PEREIRA & MACHADO, 1987).

A área foliar, de uma maneira geral, apresenta-se como importante parâmetro na determinação da capacidade fotossintética, da densidade de plantio, da relação solo-água-plantas, ou em investigações sobre nutrição de várias culturas, estas características estão relacionadas com o metabolismo da planta, produção de matéria seca e produtividade (OLIVEIRA, 1977; SEVERINO et al., 2004).

A área foliar representa a superfície fotossinteticamente ativa de uma planta, sendo que o seu crescimento está ligado com a produção vegetal (TURNER, 1979). Vários estudos com plantas cultivadas necessitam do conhecimento de suas áreas foliares, ao longo das fases de seu desenvolvimento. As medidas da área foliar obtidas ao longo do ciclo da cultura, em plantas intactas ou colhidas, são tabeladas de forma que possam ser analisadas por meio de fórmulas matemáticas ou graficamente. Para tanto, podem ser usadas várias funções, equações ou fórmulas. A utilização de equações de regressão não só corrige as oscilações normais, como permite avaliar a tendência do crescimento em função dos tratamentos (BENINCASA, 2003).

Bastos et al. (2002) e Freire Filho et al. (2005) encontraram valores máximos de IAF (Índice de Área Foliar) variando de 2,8 a 4,3 para a cultura do feijão-caupi. Espécie de metabolismo C_3 , que apresenta capacidade fotossintética máxima da folha a partir dos 20 dias da sua formação, quando a planta ela atinge a sua máxima expansão foliar. Para Summerfield et al. (1985) a velocidade de acúmulo de matéria seca do feijão depende de seu (IAF). Segundo o autor o IAF acima de três, representa para o feijão-caupi o máximo desenvolvimento do dossel, possibilitando

uma maior interceptação de luz solar, resultando em maior taxa fotossintética líquida.

Ao trabalharem com diferentes sistemas de preparo do solo, (plantio direto e convencional) e duas cultivares de feijão-comum, Urchei et al. (2000) observaram que o índice de área foliar, a massa de matéria seca total e a TCC (Taxa de Crescimento da Cultura) apresentaram diferenças significativas entre os sistemas de preparo do solo, entre cultivares e interação preparo e cultivar.

Em trabalho efetuado por Leite (2004) com a cultura do feijão-caupi foi observado acentuado decréscimo nos valores de matéria seca nas diversas partes da planta com o aumento da duração de déficits hídricos. No tratamento testemunha com pleno fornecimento de água, a matéria seca total por planta atingiu valores de 2,15 a 6,94 g, em coletas realizadas aos 35 e 45 DAP.

Gomes et al. (2000) trabalharam com feijão comum com objetivo de avaliar o crescimento vegetativo e o rendimento de grãos de três cultivares de feijoeiro sob condições de irrigação e de sequeiro com lâminas d'água de 252 e 123 mm. Em todas as cultivares o acúmulo máximo de biomassa nas folhas ocorreu aos 56 e DAS (dias após a semeadura), nos ramos, entre 63 e 70 DAS, e nas vagens, entre 70 e 77 DAS, ou seja, a acumulação preferencial de matéria seca ocorreu nas folhas, depois nos ramos e finalmente nas vagens. A máxima taxa de crescimento da cultura ocorreu aproximadamente aos 49 e 56 DAS nos tratamentos irrigado e não irrigado.

A taxa de crescimento da cultura (TCC), parâmetro importante em fisiologia da produção, representa a quantidade total de matéria seca acumulada por unidade de área de solo ou outro substrato, em um determinado intervalo de tempo. É a taxa de produção de matéria seca (TPMS) de uma comunidade vegetal, expressa em $\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$. Essa taxa avalia a produtividade primária líquida, constituindo-se no somatório das taxas de crescimento dos diversos componentes das plantas (REIS & MULLER, 1978; PEREIRA & MACHADO, 1987; BRANDELERO et. al., 2002).

Para Reis e Muller (1979) a taxa de crescimento da cultura é uma variação, ou incremento entre duas amostras, ao longo de um determinado período de tempo. Esse parâmetro pode ser usado para dimensionar a velocidade média de crescimento da cultura em um determinado período de observação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do Experimento

O experimento foi desenvolvido no período de maio a julho de 2012, em condições de campo na Fazenda São Fernando, no município de José de Freitas-PI, situado a 04°44'25" de latitude sul e 42°35'19" de longitude oeste, a uma altitude média de 72 m. Apresenta clima tropical megatérmico, muito quente e subúmido do tipo seco, conforme classificação climática de Köppen, temperatura média anual de 27,8 °C e precipitação média anual de 1200 mm (FEITOSA et al., 2008). Os dados meteorológicos estão representados na Tabela 1.

Tabela 1. Temperatura do ar média, mínima e máxima (C°), umidade relativa do ar (%), insolação mensal (MJ m⁻² dia⁻¹), precipitação total mensal (mm) e evapotranspiração de referência ETo (mm dia⁻¹). José de Freitas, PI. 2013.

Mês Ano	Temperatura (°C)			U. R. (%)	Insolação (MJ m ⁻² dia ⁻¹)	Precipitação total (mm)	ETo (mm dia ⁻¹)
	Média	Mín.	Máx.				
05/2012	27,7	22,17	33,7	75,0	9,3	72,0	4,44
06/2012	27,8	22,15	34,0	71,0	8,7	0,0	4,22
07/2012	27,8	21,51	35,2	60,0	9,9	0,0	4,81

Fonte: Estação Meteorológica do INMET/Embrapa Meio-Norte, Teresina-PI.

3.2 Caracterização edafoclimática

O solo da área experimental é um Plintossolo Háplico distrófico espesso, textura franco-argilo-arenoso, com relevo suavemente ondulado, conforme critérios do Sistema Brasileiro de Classificação do Solo descrito em (EMBRAPA, 1999). Foram coletadas amostras de solo três meses antes do plantio, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, para a análise no Laboratório Agronômico da Unithal, cujos resultados encontram-se nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Análise química e física do solo da área experimental para macronutrientes, na profundidade de 0 – 20 cm. José de Freitas, PI. 2013.

pH	MO	P ¹	K ¹	Ca ²	Mg ²	Al ²	H + Al	SB	T	V
(H ₂ O)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	cmol dm ⁻³							(%)
4,8	8,0	4,0	0,1	0,3	0,2	0,6	2,8	0,6	3,4	17,65
Areia grossa (%)		Areia fina (%)		Silte (%)		Argila (%)				
3,0		64,3		0,8		24,5				

¹- Extrator Mehlich

²- Extrator KCl 1N

Fonte: Laboratório Agronômico da Unithal, Campinas-SP.

Tabela 3. Análise química do solo da área experimental para micronutrientes, na profundidade de 0 – 20 cm. José de Freitas, PI. 2013.

S ³	Na ¹	B ²	Fe ¹	Mn ¹	Cu ¹	Zn ¹
mg dm ⁻³						
3,6	1,0	0,2	550,0	1,0	0,8	1,0

¹-Extrator Mehlich ²-Extrator Água Quente ³-Extrator Fosfato Monocálcico

Fonte: Laboratório Agrônômico da Unithal, Campinas-SP.

3.3 Características do experimento

Adotou-se o delineamento experimental em blocos completo casualizados, com quinze tratamentos e quatro repetições no esquema fatorial 5 x 3. Foram avaliadas as doses 0, 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅, utilizando-se como fonte o superfosfato triplo, combinados com três cultivares de feijão-caupi (BRS Guariba, BRS Tumucumaque e BRS Cauamé), que apresentam ciclo médio de 65 a 70 dias, porte semiereto, produtividade média acima de 1.000 kg ha⁻¹ e boa aceitação comercial. As unidades experimentais foram constituídas de cinco linhas de 5 m de comprimento espaçadas de 0,5 m e 0,25 m entre covas. As três fileiras centrais constituíram a área útil da parcela com 6,75 m², desprezando-se 0,25 m em cada extremidade.

3.4 Preparo da área experimental e manejo do experimento

Anteriormente a instalação do experimento efetuou-se a calagem da área experimental, com aplicação única de calcário dolomítico (NC=1.395 kg ha⁻¹ PRNT 91%), visando elevar a saturação por bases para 55%, de acordo com a análise do solo (RAIJ, 1991), seguida de aração e gradagem cruzadas com antecedência ao plantio de três meses, objetivando a incorporação do calcário.

As adubações fosfatadas foram efetuadas em sulcos abertos manualmente com enxada, a 10 cm de profundidade, antes do plantio de acordo com os tratamentos avaliados. A adubação potássica foi efetuada com cloreto de potássio (56% de K₂O) no sulco de plantio, 60 kg de K₂O ha⁻¹ distribuído para as parcelas igualmente, juntamente com micronutrientes FTE-BR12, calculado para 15 kg ha⁻¹ em sulco. Não foi realizada adubação nitrogenada tendo em vista que a cultura já é suprida naturalmente de nitrogênio por meio da associação simbiótica natural com as bactérias do gênero *Rhizobium*, espécie (*Bradyrhizobium japonicum*)

As sementes foram previamente tratadas com Thiamethoxam (Cruiser 350 F[®]) na dose de 300 ml por 100 kg de sementes. A semeadura foi realizada manualmente na primeira quinzena de maio de 2012, colocando-se 16 sementes por metro. O desbaste foi efetuado 15 dias após o plantio, deixando-se 8 plantas por metro, totalizando uma população de 160.000 plantas ha⁻¹.

Para o controle das plantas invasoras, foi realizada uma pulverização com aplicação em pós-plantio do herbicida S-Metolaclopro na dose de 1,25 L ha⁻¹ e capinas manuais complementares. O controle fitossanitário foi efetuado com uma pulverização preventiva para controle de pragas, e uma curativa à base de Thiamethoxam na dose 200 g ha⁻¹, para controle do pulgão (*Apis cracyvora koch*), cigarrinha verde (*Empoasca kraemeri ross*) e cigarrinha verde-amarela (*Diabrotica speciosa*).

O experimento foi conduzido sobre regime de irrigação por microaspersão com sistema em linha. As irrigações ocorreram com turno de rega de dois dias, sendo o tempo de irrigação determinado em função da evapotranspiração calculada no programa Cropwat 8.0 pelo método de Penman Monteith FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura). Os dados de umidade, temperatura, precipitação, insolação e velocidade do vento foram coletados diariamente na estação meteorológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) localizada na Embrapa Meio-Norte.

3.5 Caracteres avaliados

3.5.1 Características relacionadas ao porte da planta (45 DAP)

- a) Diâmetro do hipocótilo (DHip) - Medida em mm, realizada imediatamente abaixo do nó cotiledonar utilizando-se um paquímetro, em cinco plantas por parcela;
- b) Comprimento do ramo principal (CRP) - Comprimento em cm, entre o colo da planta e o ápice do ramo principal, medido em cinco plantas por parcela;

3.5.2 Características relacionadas à produção de grãos (70 DAP)

- a) Número de vagens por planta (NVP) - Número médio de vagens colhidas em cinco plantas por parcela;
- b) Comprimento de dez vagens (C10V) - Comprimento médio, em cm, de dez vagens escolhidas ao acaso na área útil das parcelas;

- c) Peso de dez vagens (P10V) - Peso médio, em gramas, de dez vagens colhidas ao acaso na área útil das parcelas;
- d) Peso de grãos em dez vagens (PG10V) - Peso médio, em gramas, dos grãos de dez vagens colhidas ao acaso na área útil das parcelas;
- e) Número de grãos por vagem (NG10V) - Número médio de grãos de dez vagens escolhidas ao acaso na área útil da parcela;
- f) Peso de 100 grãos (P100G) - Peso, em gramas, de cem grãos secos, com 13% de umidade;
- g) Produção de vagens por planta (PVP) - Peso médio, em gramas, da produção de vagens em cinco plantas por parcela;
- h) Produção de grãos por planta (PGP) – Peso médio, em gramas, da produção de grãos de cinco plantas por parcela.
- i) Rendimento de grãos (REND) - Produção total de grãos na área útil da parcela, transformados de gramas por parcela para kg ha^{-1} .

3.5.3 Características fisiológicas

- a) Área foliar (AF) - A área foliar, em cm^2 , determinada com medidor eletrônico de área LI-COR (Lincoln, NE, USA) modelo 3100, considerando-se apenas uma face do limbo foliar. Os dados foram coletados aos 35 e 45 dias após o plantio e correspondem à média de cinco plantas individuais por parcela.
- b) Índice de área foliar (IAF) - Medida obtida pela razão entre a área foliar da planta (cm^2) e a área do terreno (cm^2) ocupada pela planta.
- c) Matéria seca por planta (MSP) - Obtida da média da parte aérea de cinco plantas coletadas ao acaso aos 35 e 45 DAP secas em estufa com ventilação forçada a 70°C até atingirem a massa seca constante, quando então foram pesadas em balança com precisão de 0,005 g.
- d) Matéria seca por área (MSA) - A matéria seca produzida por área, em kg ha^{-1} , foi calculada a partir da massa matéria seca obtida por planta.
- e) Taxa de crescimento da cultura (TCC) - Variação da matéria seca acumulada pela planta por área do terreno ao longo de um intervalo de tempo de dez dias, em $\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$, obtida através da equação 1:

$$TCC = \frac{MS_2 - MS_1}{S} \times \frac{1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

em que:

S : área terreno ocupada pela planta;

MS₁ e MS₂ : matéria seca por planta aos 35 e 45 DAP, respectivamente;

t₁ e t₂ - tempo em dias que correspondem a 35 e 45 DAP, respectivamente.

A determinação da produtividade dos grãos secos, com umidade de 13%, foi iniciada aos 70 dias após a emergência, na área útil da parcela.

Os dados foram submetidos à análise de variância com regressão polinomial para as doses de fósforo e aplicação do teste de TUKEY para as cultivares. As análises foram realizadas utilizando-se o “software” ASSISTAT (VERSÃO 7.6 BETA).

4.0 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Caracteres relacionados ao porte da planta

A maioria das variáveis analisadas apresentou variação crescente com o aumento das doses de fósforo adicionadas ao solo para os caracteres relacionados ao porte, indicando a influência do fósforo no incremento dessas variáveis (Tabela 4). A interação entre as cultivares de feijão-caupi e as doses de fósforo não foi significativa para nenhum dos caracteres relacionados ao porte da planta.

Os efeitos das doses de fósforo em relação às variáveis analisadas através da regressão polinomial apresentaram ajuste significativo aos modelos lineares ou quadráticos, em resposta às doses de fósforo aplicadas (Figuras 1 e 2).

O resumo da análise de variância para os caracteres porte da planta estão apresentados na Tabela 4, diâmetro do hipocótilo e comprimento do ramo principal.

Tabela 4. Análise de variância, médias gerais e coeficiente de variação para diâmetro de hipocótilo (DHip) e comprimento do ramo principal (CRP) de feijão-caupi. José de Freitas, PI. 2013.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios	
		DHip (mm)	CRP (cm)
Blocos	3	11,30458 ^{NS}	523,5615 ^{**}
Cultivares (C)	2	12,0238 ^{NS}	192,2960 ^{**}
Doses P (P)	4	51,8316	308,4556
Interação (CxP)	8	3,91807 ^{NS}	33,4501 ^{NS}
Resíduo	42	5,8717	19,0401
Médias	-	8,15	32,57
C.V (%)	-	29,71	13,40

^{NS}, ^{**} Não significativo e significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Verifica-se que a análise de variância revelou valores de F significativos ($p < 0,01$) para o fator cultivares, somente para comprimento do ramo principal, não sendo observada significância para a interação entre as cultivares e as doses de fósforo avaliadas, para esses parâmetros.

4.1.1 Diâmetro do hipocótilo (DHip)

Valores médios para o diâmetro do hipocótilo são apresentados na Tabela 5. Nota-se que não houve diferenças entre as cultivares avaliadas para esse caráter.

A análise de regressão polinomial apresentou ajuste linear ($p < 0,01$) para o diâmetro do hipocótilo em relação às doses de fósforo. Nota-se um aumento de 98,9% no diâmetro de hipocótilo quando as doses de fósforo foi aumentada de 0 para 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅, evidenciando a importância do fósforo na resistência ao acamamento na cultura do feijão-caupi (Figura 1).

Tabela 5. Valores médios para o diâmetro do hipocótilo (mm) em três cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco doses de adubação fosfatada. José de Freitas, PI. 2013.

Cultivares	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Médias
	0	60	120	180	240	
BRS Cauamé	4,96	6,77	7,69	9,01	9,89	7,66
BRS Guariba	6,09	7,24	8,87	9,17	13,87	9,04
BRS Tumucumaque	5,58	6,98	7,80	9,05	9,33	7,75
Médias	5,54	6,99	8,12	9,08	11,03	-

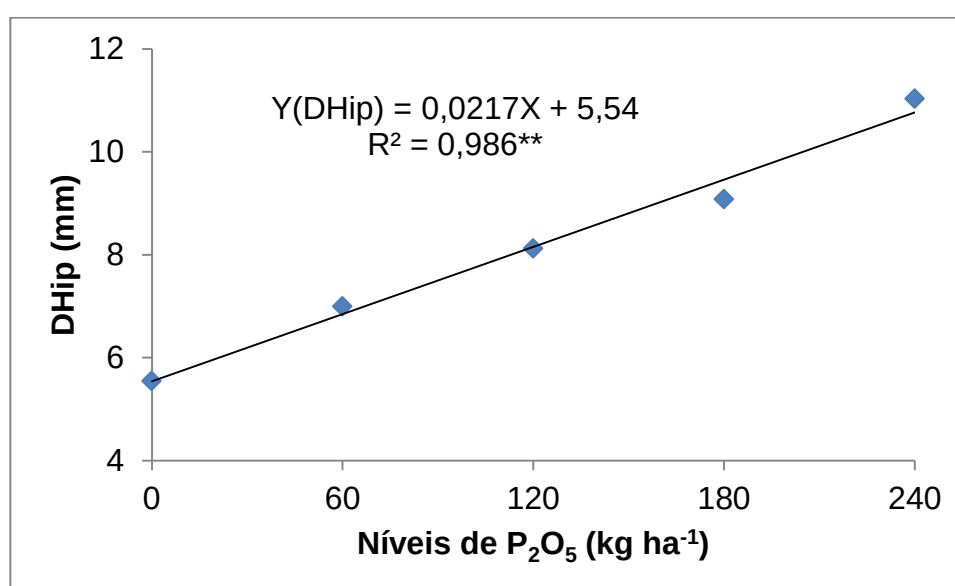


Figura 1. Análise de regressão para diâmetro do hipocótilo em função das doses de fósforo.

4.1.2 Comprimento do ramo principal (CRP)

Os valores médios para o comprimento do ramo principal são apresentados na Tabela 6. Verifica-se que houve variação significativa no comprimento do ramo

principal, sendo que a cultivar BRS Cauamé apresentou o maior comprimento do ramo principal, diferindo estatisticamente da cultivar BRS Guariba, a qual não diferiu estatisticamente da BRS Tumucumaque.

A análise de regressão revelou ajuste quadrático ($p < 0,05$) para essa variável nas doses de fósforo adicionadas (Figura 2). Verificou-se um aumento no comprimento do ramo principal de 51,3% com aumento das doses de fósforo de 0 para 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 , sendo que 96,9% desse aumento ocorreu no intervalo de 0 a 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 , sugerindo que a ausência do fósforo é um fator que restringe o crescimento do feijão-caupi (COUTINHO et al., 2014).

Tabela 6. Valores médios para o comprimento do ramo principal (cm) das três cultivares de feijão-caupi, submetidas a cinco doses de adubação fosfatada. José de Freitas, PI. 2013.

Cultivares	Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})					Médias ¹
	0	60	120	180	240	
BRS Cauamé	26,45	34,20	32,65	45,10	40,15	35,71a
BRS Guariba	21,20	29,00	30,80	32,60	33,95	29,51b
BRS Tumucumaque	25,90	32,35	34,65	32,40	37,15	32,49ab
Médias	24,51	31,85	32,70	36,70	37,08	-

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). DMS = 3,35.

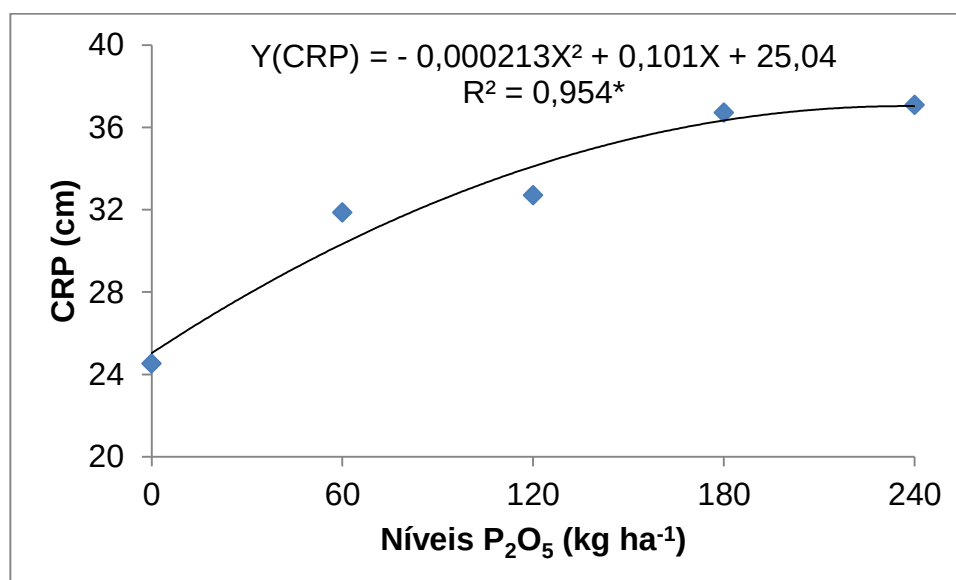


Figura 2. Análise de regressão para comprimento do ramo principal em função das doses de fósforo.

4.2 Caracteres relacionados à produção

Os resultados da análise de variância referentes aos componentes de produção: número de vagens por planta, comprimento de dez vagens, peso de dez vagens, peso de grãos em dez vagens, número de grãos em dez vagens, peso de cem grãos, produção de vagens por planta, produção de grãos por planta e rendimento de grãos (REND) são apresentados nas Tabelas 7 e 8.

Nota-se efeito não significativo para os componentes de produção peso de vagens por planta, número de vagem por planta e peso de grãos por planta para cultivares, fato também observado para o caráter rendimento de grãos das cultivares avaliadas, comprovando ser esses parâmetros altamente associados com o rendimento de grãos, como mencionam Costa e Zimermmerman (1988) e Zili et al. (2011).

Em relação à interação cultivares versus doses de fósforo verifica-se que as cultivares apresentaram comportamentos semelhantes para todos os componentes de produção, assim como também para o rendimento de grãos.

Tabela 7. Análise de variância, médias e coeficiente de variação para o número de vagens por planta (NVP), comprimento de dez vagens (C10V), peso de dez vagens (P10V), peso de grãos em dez vagens (PG10V), número de grãos em dez vagens (NG10V) de feijão-caupi. José de Freitas, PI. 2013.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios				
		NVP	C10V (cm)	P10V (g)	PG10V (g)	NG10V
Blocos	3	19,3578**	147,93 ^{NS}	74,78**	59,56**	1270,60 ^{NS}
Cultivares (C)	2	5,728 ^{NS}	6189,0**	221,01**	129,79**	2342,05*
Doses P (P)	4	99,324	3145,85	310,07	264,54	4916,01
Interação (CxP)	8	0,779 ^{NS}	509,99 ^{NS}	14,83 ^{NS}	17,08 ^{NS}	560,39 ^{NS}
Resíduo	42	1,8065	261,73	9,529	11,617	510,49
Médias	-	7,29	181,03	26,29	20,49	105,69
C.V (%)	-	18,42	8,94	11,74	16,63	21,38

^{NS}, **, * Não significativo, significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 8. Análise de variância, médias e coeficiente de variação para o peso de cem grãos (P100G), produção de vagens por planta (PVP), produção de grãos por planta (PGP) e rendimento de grãos (REND) de feijão-caupi. José de Freitas, PI. 2013.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios			
		P100G (g)	PVP (g)	PGP (g)	REND (kg ha ⁻¹)
Blocos	3	1,529 ^{NS}	57,546 ^{**}	39,00 ^{**}	61431,914 ^{NS}
Cultivares (C)	2	52,187 ^{**}	23,821 ^{NS}	14,83 ^{NS}	153439,11 ^{NS}
Doses P (P)	4	6,852	687,227	439,76	4331345,22
Interação (CxP)	8	2,731 ^{NS}	8,134 ^{NS}	5,00 ^{NS}	41131,947 ^{NS}
Resíduo	42	1,533	9,592	5,95	74592,311
Médias	-	19,13	16,56	13,02	1536,14
C.V (%)	-	6,47	18,70	18,74	17,78

^{NS}, **, * Não significativo, significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F.

4.2.1 Número de vagens por planta (NVP)

Os valores médios para o número de vagens por planta são apresentados na Tabela 9.

A análise de regressão revelou efeito quadrático ($p < 0,01$) para esse caráter nas doses de fósforo avaliadas (Figura 3). Verifica-se que o aumento nas doses de fósforo de 0 até 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionou aumento no número de vagens por planta de 221,5%, sendo que 90,1% desse aumento correspondeu à faixa de 0 a 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Nota-se que o aumento progressivo das doses de fósforo aplicadas no solo foi favorável, tendo reflexo na capacidade produtiva da planta, proporcionando aumento no número de vagens por planta, o que contribui de forma expressiva com o aumento de rendimento de grãos.

Estudos de regressão relativos ao efeito da adição do fósforo no solo nos componentes de produção, em especial o número de vagens por planta, relatados na literatura, evidenciam respostas significativas de diversas culturas em diferentes condições edafoclimáticas à aplicação desse nutriente, comportamento este semelhante ao observado neste estudo (Figura 3). No entanto Silva et al. (2010) também avaliando a importância do fósforo para o feijão-caupi obtiveram número de vagens por planta superior (9,82 vagens por planta) ao número de vagens obtido nesse estudo embora tenham trabalhado com doses de fósforo inferiores (0 a 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅), o que se atribui ao maior teor de fósforo inicial (7,09 mg dm⁻³) do solo estudado por este autor, e à fonte de fósforo utilizada (superfosfato simples).

Tabela 9. Valores médios para o número de vagens por planta das três cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco doses de adubação fosfatada. José de Freitas, PI. 2013.

Cultivares	Doses de P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$)					Médias
	0	60	120	180	240	
BRS Cauamé	3,75	6,25	7,95	10,75	10,50	7,84
BRS Guariba	2,35	5,00	7,70	8,85	9,95	6,77
BRS Tumucumaque	3,45	6,05	7,65	9,00	10,25	7,28
Médias	3,18	5,76	7,76	9,53	10,23	-

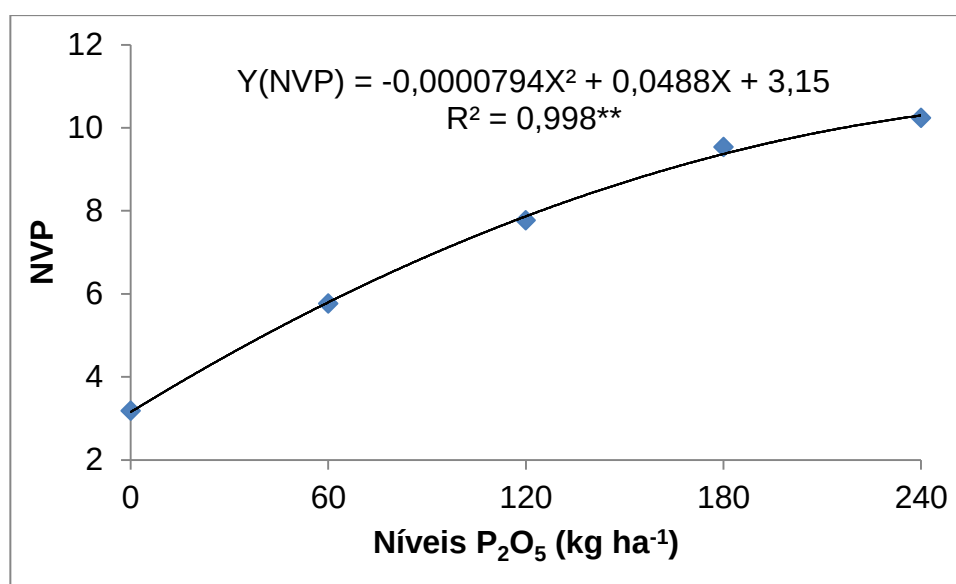


Figura 3. Análise de regressão para número de vagens por plantas em função das doses de fósforo.

4.2.2 Comprimento de dez vagens (C10V)

Os valores médios para o comprimento de dez vagens são apresentados na Tabela 10. Observa-se que os maiores comprimentos de vagens foram detectados para as cultivares BRS Guariba e BRS Tumucumaque. Resultado esperado, tendo em vista que as cultivares BRS Guariba e BRS Tumucumaque apresentaram maiores comprimentos de vagens, segundo descrição da Embrapa-Meio Norte.

A análise de regressão apresentou efeito linear ($p < 0,01$) para o caráter comprimento de dez vagens em relação às doses de P estudadas. Observa-se que o aumento progressivo nas doses de fósforo adicionadas ao solo, refletiu em incremento no comprimento de dez vagens de 25,0%, quando se compara a maior dose de fósforo aplicado ($240\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5) com a testemunha ($0\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5). Resultado semelhante ao obtido por Oliveira et al. (2011) em avaliações com

essa cultura, sob doses de fósforo que variaram de 0 a 210 kg ha⁻¹ de P₂O₅, também em solo com baixo teor de fósforo inicial (3,89 mg dm³).

Tabela 10. Valores médios para o comprimento de dez vagens (cm) das três cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco doses de adubação fosfatada. José de Freitas, PI. 2013.

Cultivares	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Médias ¹
	0	60	120	180	240	
BRS Cauamé	156,00	150,25	169,75	163,50	168,25	161,55b
BRS Guariba	158,25	184,50	204,00	201,00	231,00	195,75a
BRS Tumucumaque	165,00	172,75	192,25	199,00	200,00	185,80a
Médias	159,75	169,16	188,66	187,83	199,75	-

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). DMS = 12,42.

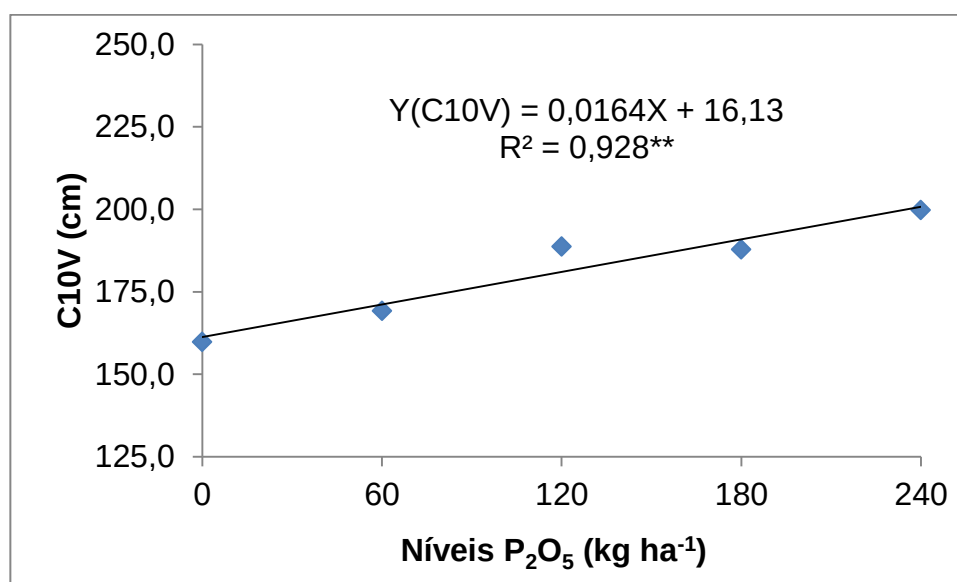


Figura 4. Análise de regressão para comprimento de dez vagens em função das doses de fósforo.

4.2.3 Peso de dez vagens (P10V)

A cultivar BRS Guariba apresentou o maior peso de dez vagens (29,54 g) e diferiu significativamente das demais pelo teste de Tukey (P<0,05), Tabela 11.

Notou-se que a aplicação de fósforo incrementou com ajuste quadrático (p<0,01) o peso de dez vagens em relação às doses de fósforo (Figura 5). Houve um incremento médio (62,3%) no peso de dez vagens com o aumento das doses de fósforo adicionadas, sendo o peso de dez vagens máximo estimado obtido de 30,54

g na dose de 220,65 kg ha⁻¹ P₂O₅. Indicando a importância da adubação fosfatada para o desempenho desse componente de produção.

Tabela 11. Valores médios para o peso de dez vagens (g) das três cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco doses de adubação fosfatada. José de Freitas, PI. 2013.

Cultivares	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Médias ¹
	0	60	120	180	240	
BRS Cauamé	19,06	20,12	24,89	24,14	26,28	22,90c
BRS Guariba	20,69	26,43	32,56	33,96	34,09	29,54a
BRS Tumucumaque	16,76	22,94	30,37	30,64	31,33	26,41b
Médias	18,84	23,16	29,28	29,58	30,57	-

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). DMS = 2,37.

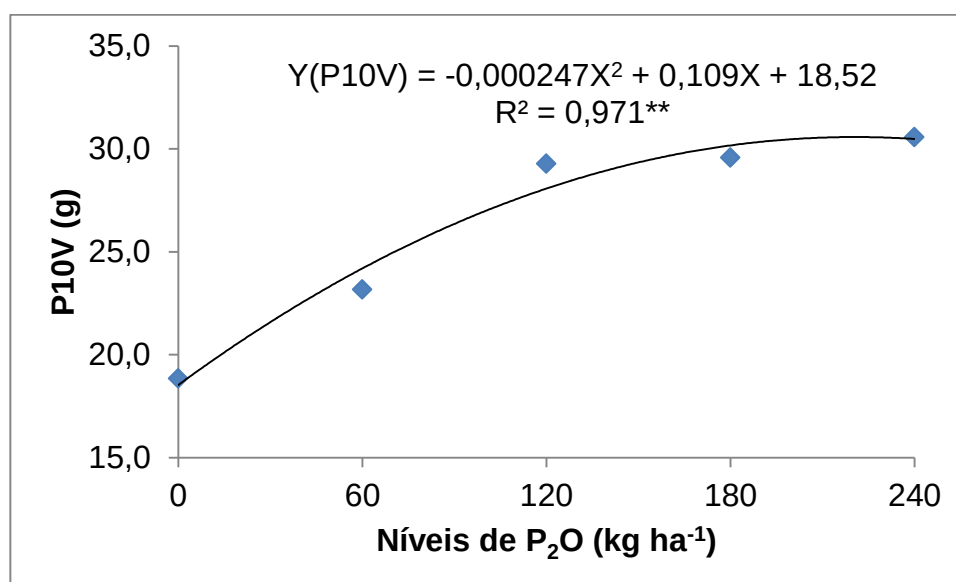


Figura 5. Análise de regressão para peso de dez vagens em função das doses de fósforo.

4.2.4 Peso de grãos em dez vagens (PG10V)

Os valores médios para produção de grãos em dez vagens são apresentados na Tabela 12. Os dados indicam que a cultivar BRS Guariba apresentou produção de grãos em 10 vagens superior à produção de grãos das cultivares BRS Cauamé e BRS Tumucumaque.

A análise de regressão revelou (p<0,01) ajuste quadrático para o peso de grãos em dez vagens nas diferentes doses de fósforo aplicadas (Figura 6). Nota-se que com o aumento das doses de fósforo o peso de grãos em dez vagens aumentou

significativamente, constatando-se um incremento de 79,16% dessa variável com a utilização de 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em relação à testemunha.

Tabela 12. Valores médios para o peso de grãos em dez vagens (g) das três cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco doses de adubação fosfatada. José de Freitas, PI. 2013.

Cultivares	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Médias ¹
	0	60	120	180	240	
BRS Cauamé	14,53	15,70	20,20	18,92	20,75	18,02b
BRS Guariba	13,43	21,01	26,13	26,13	26,98	23,11a
BRS Tumucumaque	12,00	17,78	21,96	24,69	25,28	20,34b
Médias	13,32	18,16	22,76	23,87	24,34	-

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). DMS = 2,62.

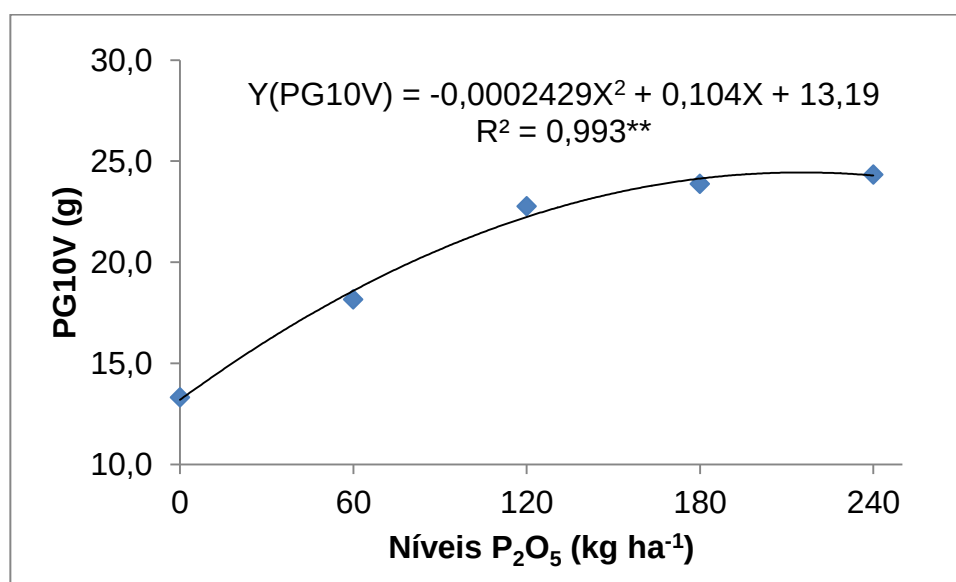


Figura 6. Análise de regressão para peso de grãos em dez vagens em função das doses de fósforo.

4.2.5 Número de grãos em dez vagens (NG10V)

Os valores médios para número de grãos em dez vagens são apresentados na Tabela 13. Em média pelo teste do Tukey o NG10V foi superior para a cultivar BRS Guariba.

A análise de regressão polinomial revelou efeitos significativos ($p < 0,01$) quadráticos para as doses de fósforo aplicadas. Verifica-se aumento no número de grãos em dez vagens com a elevação das doses de P (Figura 7), sendo que entre as doses de 0 a 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ este aumento foi mais expressivo.

Nota-se que ao comparar a expressão desse caráter em resposta a adubação fosfatada, verifica-se que a dose máxima estudada (240 kg ha^{-1} de P_2O_5) proporcionou um aumento no número de grãos em dez vagens de 65,5%, indicando que plantas de feijoeiro deficientes em fósforo perdem o vigor e reduzem o número de vagens, produzindo menos grãos (OLIVEIRA et al., 1996).

Tabela 13. Valores médios para o número de grãos em dez vagens das três cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco doses de adubação fosfatada. José de Freitas, PI. 2013.

Cultivares	Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})					Médias ¹
	0	60	120	180	240	
BRS Cauamé	87,25	91,75	107,00	102,50	109,75	99,65b
BRS Guariba	80,50	114,75	141,75	113,95	140,00	118,1a
BRS Tumucumaque	57,25	83,25	114,50	118,50	122,75	99,25b
Médias	75,0	96,58	121,08	111,65	124,16	-

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). DMS = 17,35.

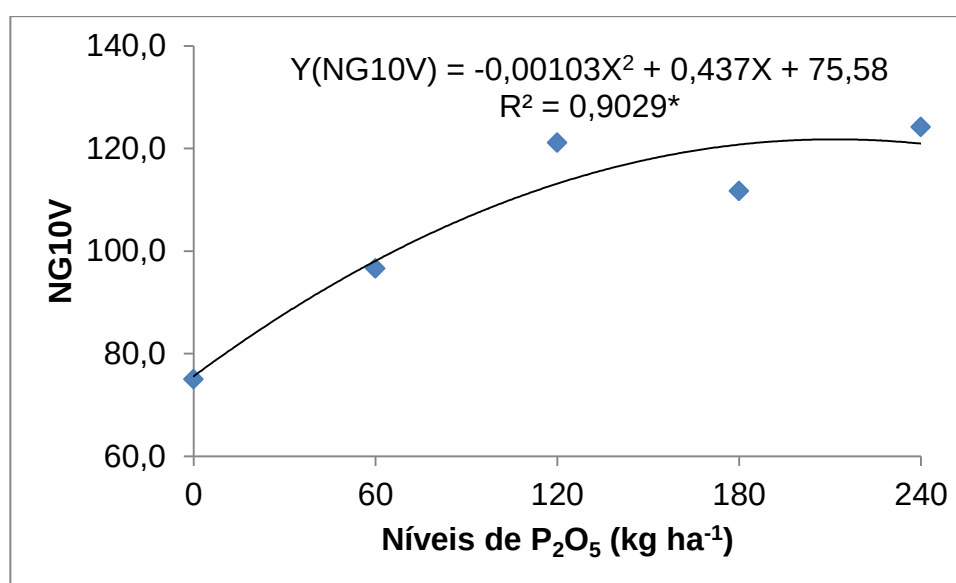


Figura 7. Análise de regressão para número de grãos em dez vagens em função das doses de fósforo.

4.2.6 Peso de cem grãos (P100G)

Os valores médios para o peso de cem grãos são apresentados na Tabela 14.

A análise regressão apresentou ajuste linear para o peso de cem grãos ($p < 0,01$) para as doses de fósforo (Figura 8). Observa-se que o aumento das doses de fósforo de 0 até 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 proporcionou um aumento linear no peso de

cem grãos de 9,5%. Nota-se, portanto um incremento no peso de cem grãos em resposta a adubação fosfatada bastante reduzida, divergindo de incrementos observados para os demais componentes de produção, sugerindo que esta variável é pouco influenciada pela a adubação fosfatada.

Tabela 14. Valores médios para o peso de cem grãos (g) das três cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco doses de adubação fosfatada. José de Freitas, PI. 2013.

Cultivares	Doses de P_2O_5 (kg ha ⁻¹)					Médias ¹
	0	60	120	180	240	
BRS Cauamé	16,39	16,90	18,90	18,49	18,92	17,92b
BRS Guariba	16,55	18,59	18,33	19,90	19,18	18,51b
BRS Tumucumaque	20,71	21,48	21,05	20,92	20,68	20,97a
Médias	17,88	18,99	19,42	19,77	19,59	-

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). DMS = 1,21.

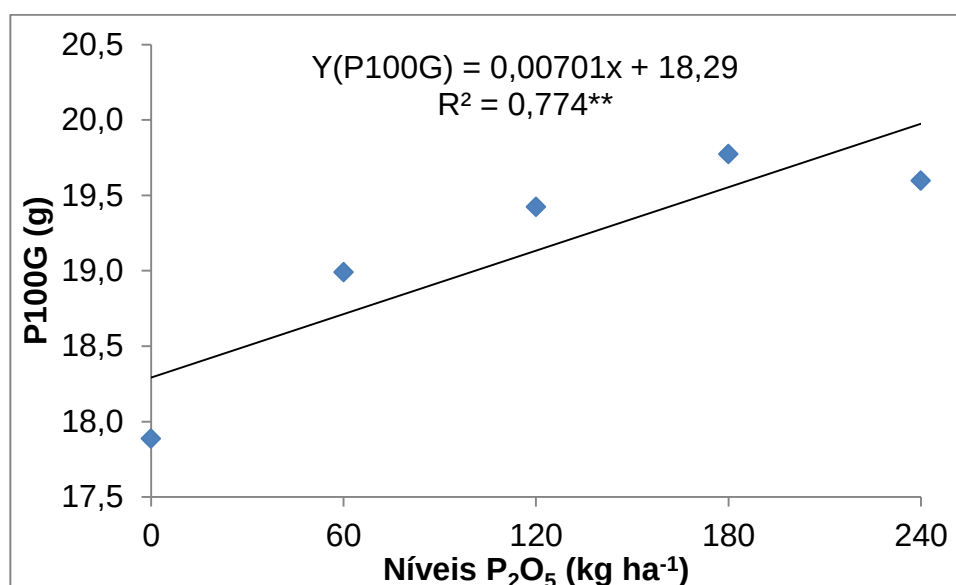


Figura 8. Análise de regressão para peso de cem grãos em função das doses de fósforo.

4.2.7 Produção de vagens por planta (PVP)

Os valores médios para o peso de vagens por planta são apresentados na Tabela 15.

Em relação a análise de regressão verifica-se ajuste quadrático (p<0,01) para essa variável em relação às doses de fósforo estudadas (Figura 9).

Constata-se que o aumento progressivo nas doses de fósforo aplicadas ao solo foi favorável, e teve reflexo positivo na capacidade produtiva da planta, com aumento expressivo na produção de vagens por planta (350,33%), incremento verificado quando se compara a resposta das cultivares a dose de 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em relação à testemunha, aspecto relevante tendo em vista a importância desse parâmetro no incremento do rendimento de grãos.

Tabela 15. Valores médios para a produção de vagem por planta (g) das três cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco doses de adubação fosfatada. José de Freitas, PI. 2013.

Cultivares	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Médias ¹
	0	60	120	180	240	
BRS Cauamé	5,95	12,46	16,26	21,72	22,76	15,83b
BRS Guariba	4,26	13,88	19,49	25,47	25,97	17,82b
BRS Tumucumaque	5,78	13,93	16,43	20,72	23,31	16,04a
Médias	5,33	13,42	17,39	22,64	24,02	-

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). DMS = 2,38.

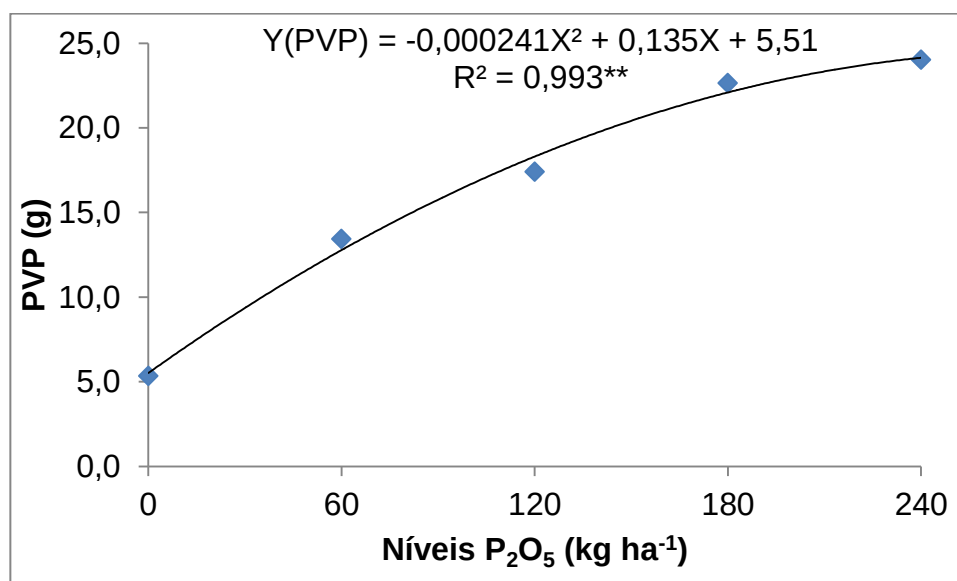


Figura 9. Análise de regressão para produção de vagens por planta em função das doses de fósforo.

4.2.8 Produção de grãos por planta (PGP)

Os valores médios para produção de grãos por planta são apresentados na Tabela 16, não sendo constatado diferença entre as cultivares em relação a esse caráter.

A análise de regressão polinomial incrementou com ajuste quadrático ($p < 0,01$) a produção de grãos por planta nas doses de fósforo avaliadas (Figura 10). Verifica-se que o aumento das doses de fósforo aumentou significativamente a produção de grãos por planta. Comparando-se a dose de fósforo de 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 com a testemunha, observa-se um aumento na produção de grãos por planta de 373,4%.

Tabela 16. Valores médios para a produção de grãos por planta (g) das três cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco doses de adubação fosfatada. José de Freitas, PI. 2013.

Cultivares	Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})					Médias ¹
	0	60	120	180	240	
BRS Cauamé	4,63	9,79	12,90	16,78	17,71	12,36a
BRS Guariba	3,20	10,92	15,30	20,22	20,32	13,99a
BRS Tumucumaque	4,15	10,49	13,80	16,23	18,79	12,69a
Médias	4,00	10,40	14,00	17,74	18,94	-

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). DMS = 1,87.

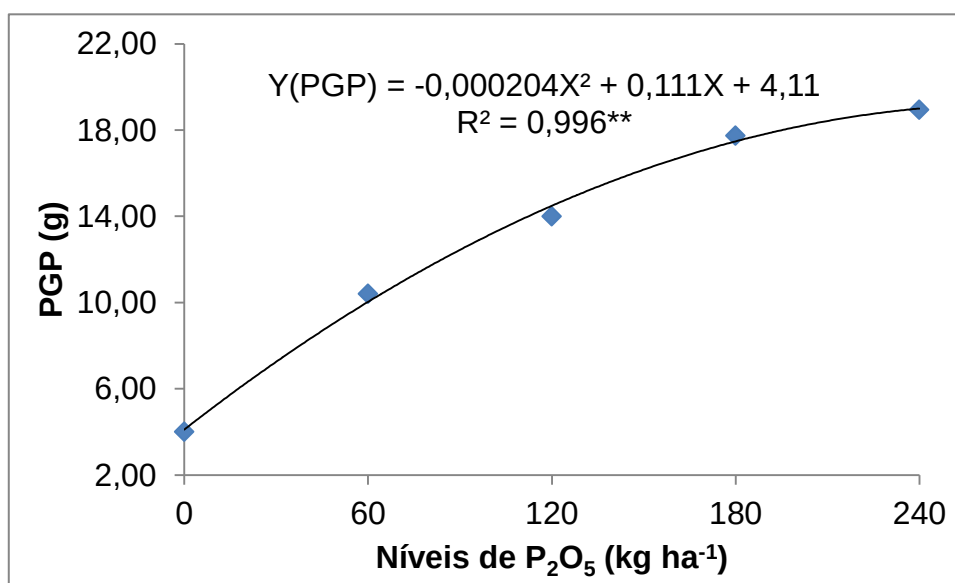


Figura 10. Análise de regressão para produção de grãos por planta em função das doses de fósforo.

4.2.9 Rendimento de grãos (REND)

Os valores médios para rendimento de grãos são apresentados na Tabela 17. Nota-se que as cultivares apresentaram comportamentos semelhantes.

Tabela 17. Valores médios para o rendimento de grãos (Kg ha^{-1}) das três cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco doses de adubação fosfatada. José de Freitas, PI. 2013.

Cultivares	Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})					Médias ¹
	0	60	120	180	240	
BRS Cauamé	504,1	1438,8	1894,6	2115,4	2024,7	1595,5a
BRS Guariba	570,3	1329,4	1765,8	1780,5	1731,6	1435,5a
BRS Tumucumaque	489,0	1604,1	1823,2	1974,9	1995,0	1577,3a
Médias	521,1	1457,4	1827,9	1956,9	1917,1	-

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). DMS = 209,73.

A análise de regressão polinomial com efeito quadrático ($p < 0,01$) para o parâmetro rendimento de grãos em relação as e as doses de fósforo (Figura 11).

A variação no rendimento de grãos das cultivares de feijão-caupi em resposta da adubação com P foi estimada por meio de uma equação de segunda ordem, sendo este o modelo que melhor se ajustou à essa variável. Na equação ajustada (Figura 11) o Y corresponde à variável dependente, e as doses de fósforo à variável independente. A partir da derivada da função determinou-se o rendimento de grãos máximo das cultivares (Y). A equação ajustada apresentou coeficiente de determinação (R^2) de 0,98.

Verifica-se que o rendimento máximo de grãos técnico ($2.023,25 \text{ kg ha}^{-1}$) e o máximo econômico de ($2.022,44 \text{ kg ha}^{-1}$) foram obtidos com uso de 183,13 e 178,8 kg de $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente. Esses resultados revelam uma elevada correlação entre a nutrição das plantas e o rendimento de grãos do feijão-caupi, indicando que esta cultura é bastante responsiva à adubação fosfatada.

Silva et al. (2010) trabalhando em Latossolo Amarelo distrocoeso, textura média, com doses variando de 0 a 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 , obtiveram incremento de produtividade, observando rendimento máximo técnico de 1.177 kg ha^{-1} na dose 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 , incremento também observado por Benvindo (2012) em Neossolo Quartzarênico, textura arenosa, usando como cultivar teste a BR-17 Gurguéia, obtendo máximo rendimento de grãos (1.319 kg ha^{-1}) na dose 168 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Esses autores obtiveram rendimentos inferiores aos obtidos no presente estudo, o que é justificável pela utilização de doses menores de P e pelos tipos de solos utilizados pelos autores, adicionados à utilização de cultivares provavelmente menos

responsivas à adubação fosfatada. Resultados semelhantes foram obtidos por Miranda et al. (2000); Oliveira et al. (2011); Oliveira et al., (2012)

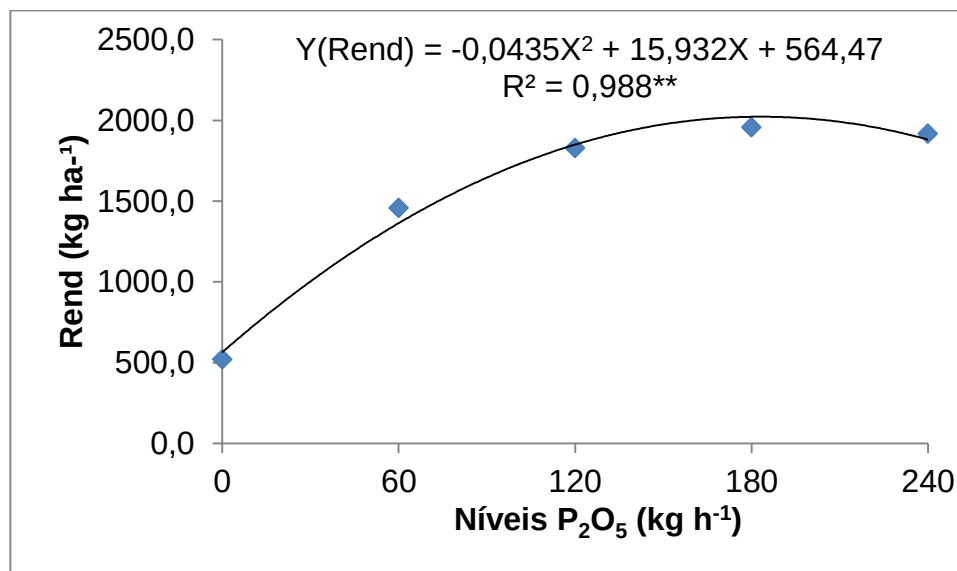


Figura 11. Análise de regressão para rendimento de grãos em função das doses de fósforo.

A limitação do teor de fósforo no solo nesse estudo se deve provavelmente à presença elevada no solo de sesquióxidos de ferro e alumínio, o qual fixa grande parte do fósforo aplicado, limitando dessa forma o desempenho do tratamento testemunha (BÜLL et al. 1998; NOVAIS; SMYTH, 1999).

Estudos de regressão relativos ao efeito das doses de fósforo nas variáveis de produção e crescimento com culturas como milho e soja, também evidenciaram incrementos de rendimento em respostas à aplicação desse nutriente (SOUZA et al., 1998; BARRETO; FERNANDES, 2002; BEDIN et al., 2003).

4.3 Caracteres relacionados à morfofisiologia

O resumo da análise de variância para os caracteres relacionados à morfofisiologia está apresentado na Tabela 18.

Tabela 18. Análise de variância, médias e coeficiente de variação para área foliar (cm^2 45 DAP), índice de área foliar (IAF), matéria seca por planta (MSP), matéria seca por área (MSA), taxa de crescimento da cultura (TCC) de feijão-caupi, José de Freitas. PI. 2013.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios				
		AF cm^2	IAF	MSP g planta^{-1}	MSA kg ha^{-1}	TCC $\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$
Blocos	3	664041,33	1,69	3,85	98753,19	32,89
Cultivares (C)	2	43234,99 ^{NS}	0,110 ^{NS}	5,79 ^{NS}	148276,3 ^{NS}	10,85 ^{NS}
Doses P (P)	4	1480591,59	3,790	117,83	3016525,2	81,53
Interaç. (CxP)	8	146801,1 ^{NS}	0,375 ^{NS}	5,12 ^{NS}	131126,3 ^{NS}	16,23 ^{NS}
Resíduo	42	72915,38	0,186	6,56	168058,61	18,88
Médias	-	1086,32	1,74	9,89	1581,87	12,27
C.V (%)	-	24,86	24,86	25,92	25,92	44,92

^{NS}, **, *, Não significativo, Significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F.

Nota-se que não houve efeito significativo para as cultivares de feijão-caupi, nem para a interação cultivares versus doses de fósforo avaliadas (Tabela 18) para nenhum dos caracteres relacionados à morfofisiologia. Demonstrando comportamento semelhante dessas cultivares em relação às doses de P para essas variáveis.

4.3.1 Área foliar (AF - 45 DAP)

A análise de regressão polinomial para a área foliar em relação ao fator doses de fósforo revelou ajuste quadrático ($p < 0,01$) (Figura 12).

Constata-se que a área foliar teve aumentos da ordem de 161,2% na dose 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 em relação à testemunha.

Nota-se que a área foliar atingiu o ponto de máximo na dose de 201,19 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

4.3.2 Índice de área foliar (IAF)

A análise de regressão para o índice de área foliar nas doses de fósforo estudadas revelou efeitos quadráticos ($p < 0,01$) em relação à adubação fosfatada.

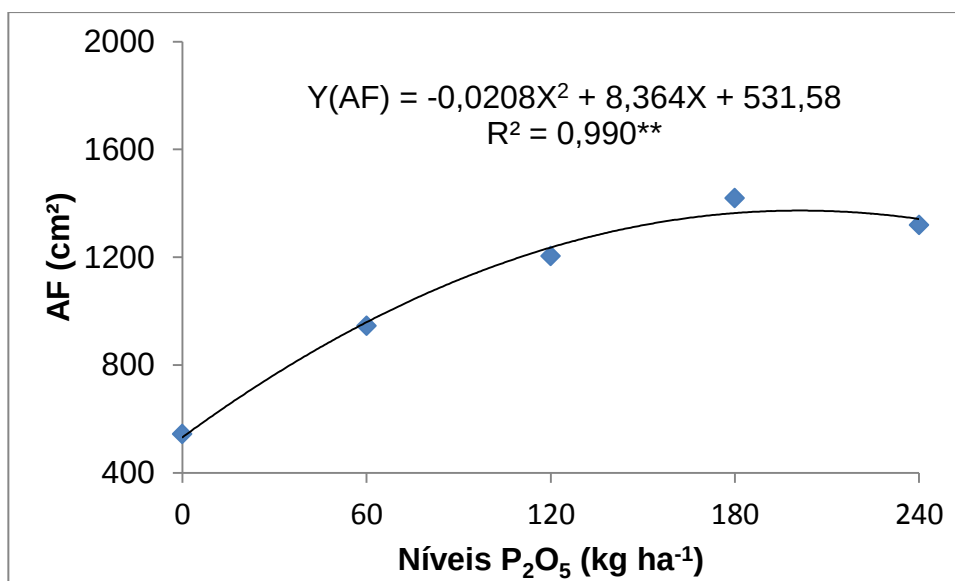


Figura 12. Análise de regressão para área foliar 45 DAP em função das doses de fósforo.

Pela análise da Figura 13, nota-se que há um incremento no índice de área foliar em resposta ao aumento nas doses de fósforo até a dose máximo de 201,2 kg ha⁻¹ de P₂O₅, que proporcionou um índice de área foliar máximo de 2,198. Aumentos expressivos no índice de área foliar do feijão-caupi relacionados com maiores doses de fósforo também foram obtidos por Cardoso e Melo, 2002; Oliveira et al. (2006); Campos et al. (2008); Zucareli et al. (2010).

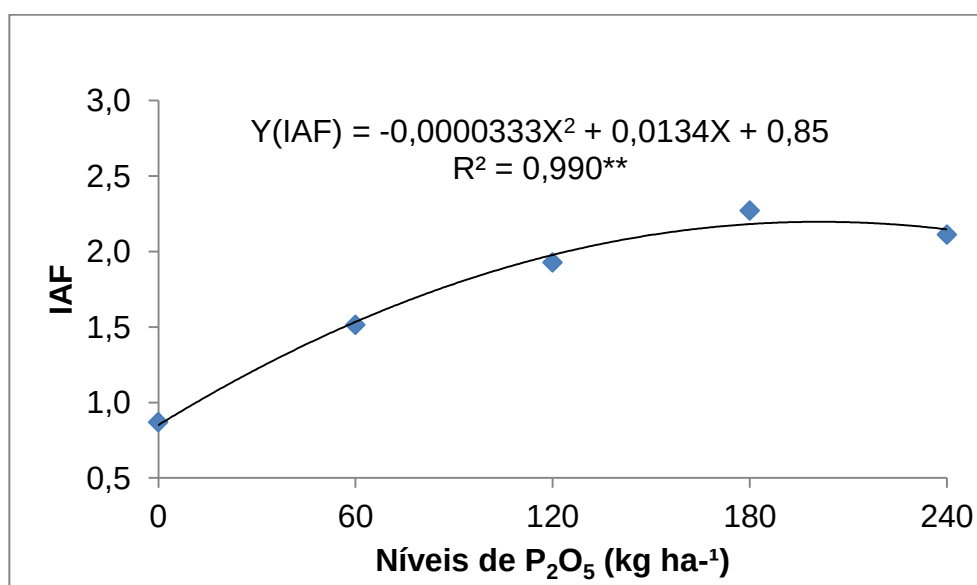


Figura 13. Análise de regressão para índice de área foliar em função das doses de fósforo.

4.3.3 Matéria seca por planta (MSP)

A análise de regressão polinomial revelou efeitos quadráticos para as doses de fósforo sobre a matéria seca por planta (Figura 14). Os resultados evidenciaram que o aumento da matéria seca por planta foi da ordem de 169,8% quando se compara as doses de fósforo de 0 a 188 kg ha⁻¹ de P₂O₅, tendo a matéria seca por planta apresentado variação de 4,83 g (0 kg ha⁻¹ de P₂O₅) a 12,36 g (188,37 kg ha⁻¹ de P₂O₅).

Esse resultado demonstra o grau de resposta das cultivares à adubação fosfatada em relação a produção de matéria seca, resultado que corrobora com Fageria Barbosa Filho; Stone (2003) que relatam que dentre as funções do fósforo no feijoeiro destaca-se o aumento da produção da matéria seca da parte aérea. Aspecto importante tendo em vista que essa variável é fundamental para o incremento da produtividade, sendo portanto, importante conhecer o acúmulo de massa de matéria seca durante todo o ciclo da cultura. Tais resultados demonstram que o suprimento de fósforo desde o início do crescimento da planta, é essencial para seu bom desenvolvimento das culturas (GRANT et al., 2001).

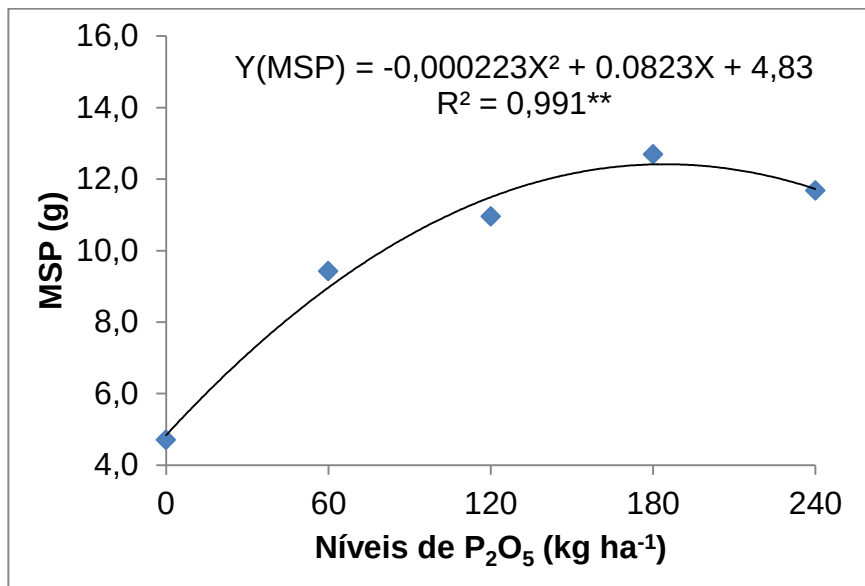


Figura 14. Análise de regressão para matéria seca por planta em função das doses de fósforo.

4.3.4 Matéria seca por área (MSA)

A variação média da matéria seca do feijão-caupi por área em relação às doses de fósforo apresentou ajuste quadrático ($P < 0,01$).

Constata-se incremento de matéria seca por área em resposta à adubação fosfatada. Observa-se que o acúmulo de MAS obtidas nas doses inferiores de fósforo foi reduzido, aumentando gradativamente até próximo da dose de 184 kg ha^{-1} de P_2O_5 , sendo nesta dose ($184,369 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5) a produtividade de MAS de $1.987,21 \text{ kg ha}^{-1}$. Efeito da adubação fosfatada no aumento da produção de MAS em feijoeiro foi relatado por Fageria, Barbosa Filho e Stone (2003) e Silva et al. (2010). Resultados que demonstram a influencia do fósforo no aumento da produção de matéria seca por área, sendo esse nutriente após a calagem, o fator que mais limita o aumento na produção de matéria seca por área (FAGERIA et al., 2004).

A curva de produção de MSA da cultura do feijão-caupi obtida nesse estudo, sugere que as doses de fósforo adicionadas no solo possibilitaram melhor desenvolvimento das cultivares, tendo em vista a baixa disponibilidade inicial do fósforo no solo estudado (4 mg dm^{-3}). Aspecto importante pois segundo Brandelero et al. (2002) esta variável encontra-se associada com o aumento de produtividade no feijão-caupi.

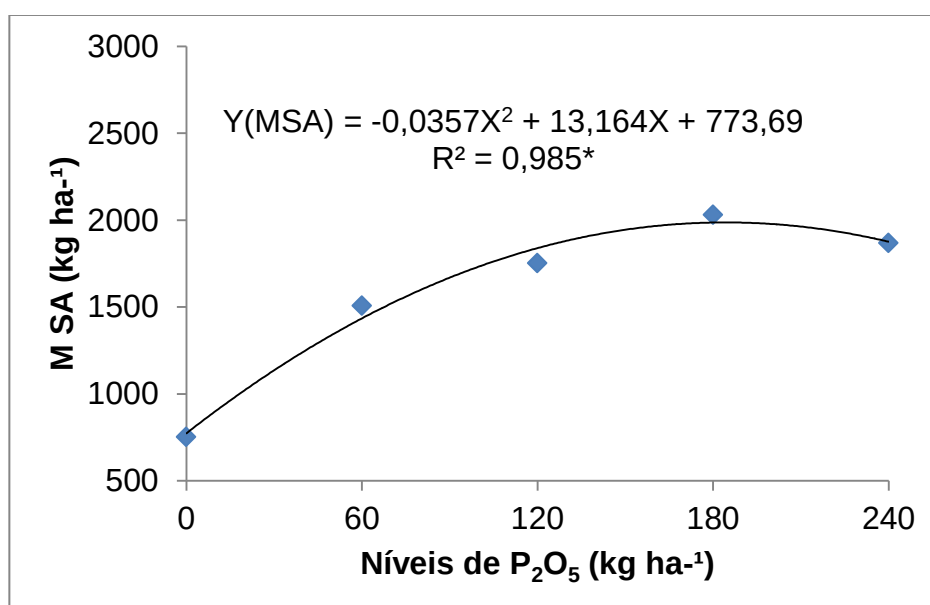


Figura 15. Análise de regressão para massa de matéria seca por área em função das doses de fósforo.

4.3.5 Taxa de crescimento da cultura (TCC)

A análise de regressão revelou efeitos quadráticos significativos ($p < 0,01$) das doses de fósforo sobre a TCC (APÊNDICE A). A figura 16 revela que a taxa de crescimento da cultura respondeu positivamente ao aumento nas doses de fósforo, apresentando uma taxa de crescimento da cultura (TCC) que variou de $5,61 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ na dose 0 kg ha^{-1} de P_2O_5 , até $11,72 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$. Aspecto importante tendo em vista que esta variável é considerada a mais importante para a fisiologia do crescimento de plantas.

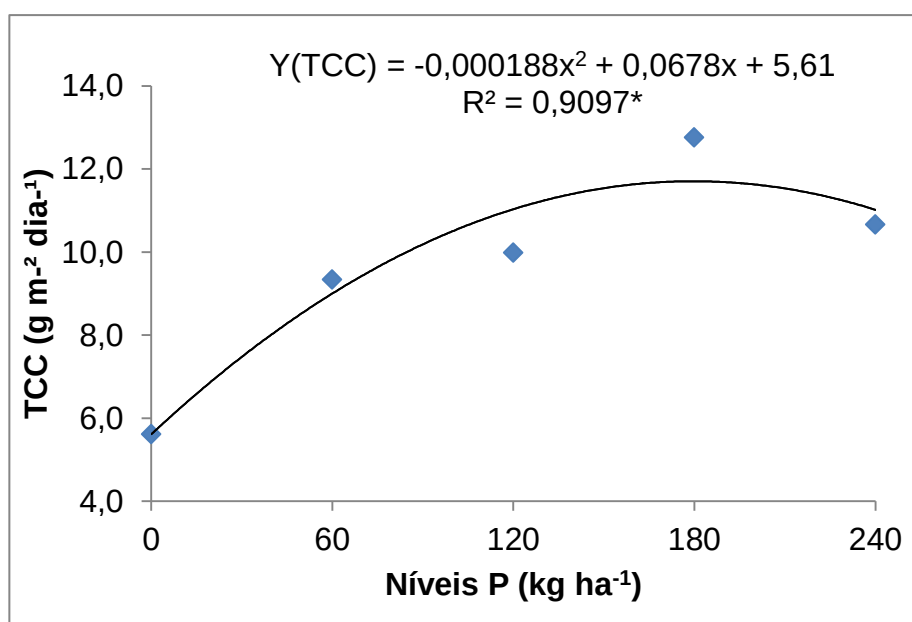


Figura 16. Análise de regressão para taxa de crescimento da cultura em função das doses de fósforo.

5.0 CONCLUSÕES

Não houve interação entre as cultivares de feijão-caupi (BRS Guariba, BRS Tumucumaque e BRS, Cauamé) e as doses de fósforo para as variáveis analisadas.

As características relacionadas ao porte da planta e análise de crescimento foram influenciadas pelas doses de fósforo.

A adubação fosfatada proporcionou incremento nos componentes de produção, número de vagem por planta, comprimento de dez vagens, peso de dez vagens, peso de grão em dez vagens, número de grãos em dez vagens, produção de vagens por planta, produção de grãos por planta.

A utilização do fósforo na dose de 183,13 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionou o máximo rendimento técnico de grãos, estimado em 2.023,25 kg ha⁻¹ nas três cultivares estudadas.

O máximo rendimento econômico foi de 2.022,44 kg ha⁻¹ estimado com a aplicação 178,8 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

A taxa de crescimento da cultura variou de 5,61 g m⁻² dia⁻¹ na dose 0 kg ha⁻¹ de fósforo, até o máximo de 11,72 g m⁻² dia⁻¹ na dose de 183 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

APÊNDICE A

Equações de regressão e coeficientes de determinação relativos aos fatores Cultivares (C) e doses de fósforo (P) das análises estatísticas significativas para as variáveis estudadas.

Variável	Unidade	Equações	R ²
Diâmetro do hipocótilo	mm	$0,0217^{**}X+5,54$	0,986
Comp. Ramo Principal	cm	$-0,000213^{**}X^2+0,101^{*}X+25,04$	0,954
Nº vagens por planta	-	$-0,0000794^{**}X^2+0,0488^{**}X+3,15$	0,998
Comp. dez vagens	cm	$0,0164X^{**}+16,13$	0,928
Peso dez vagens	g	$-0,000247^{**}X^2+0,109^{**}X+18,53$	0,971
Peso grãos dez vagens	g	$-0,000243^{**}X^2+0,104^{**}X+13,19$	0,993
Nº grãos dez vagens	-	$-0,00103^{**}X^2+0,437^{*}X+75,57$	0,903
Peso cem grãos	g	$0,00701^{**}X+18,29$	0,774
Produção vagens planta	g	$-0,000241^{**}X^2+0,135^{**}X+5,51$	0,993
Produção grãos planta	g	$-0,000204^{**}X^2+0,111^{**}X+4,11$	0,996
Rendimento grãos	kg ha ⁻¹	$-0,0435X^{2**}+15,932^{*}X+564,47$	0,988
Matéria seca por planta	g	$-0,000223^{**}X^2+0,0823^{**}X+4,83$	0,991
Matéria seca por área	kg ha ⁻¹	$-0,0357^{**}X^2+13,164^{**}X+773,69$	0,985
Área foliar 45 DAP	cm ²	$-0,0207^{**}X^2+8,364^{**}X+531,58$	0,990
Índice área foliar	-	$-0,0000333^{**}X^2+0,0134^{**}X+0,85$	0,990
Taxa crescimento cultura	g m ⁻² dia ⁻¹	$-0,000188^{**}X^2+0,0678^{*}X+5,61$	0,909

APÊNDICE B – Fotos do experimento



Distribuição do calcário



Doses de adubos



Germinação do feijão



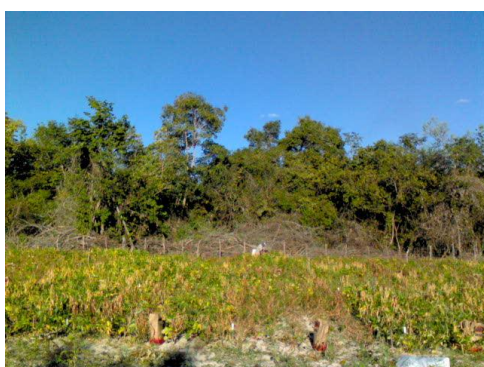
Teste uniformidade da irrigação



Desenvolvimento testemunha



Fase produtiva do feijão



Colheita das Parcelas



Medições e pesagem dos Tratamentos

6.0 REFERÊNCIAS

ANDRADE JUNIOR, A. S. de.; SANTOS, A. S.; SOBRINHO, C. A.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; FREIRE FILHO, F. R. **Cultivo do feijão caupi** (*Vigna unguiculata* (L) Walp.). Teresina: Embrapa Meio-Norte, 108 p. (Sistema de Produção: 2), 2002.

ANDRADE JUNIOR, A. S. de.; CARDOSO, M. J.; MELO, F. B. Otimização da adubação fosfatada em feijão caupi. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 5. 2001. Teresina. Avanços tecnológicos no feijão caupi: **Anais...** Teresina: Embrapa Meio-Norte, p. 281-284, (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 56), 2000.

ANDRADE, F. N.; ROCHA, M. M.; GOMES, R. L. F. Estimativa de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão fresco. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.2, p. 253-258, 2010.

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Produtividade e absorção de fósforo por plantas de milho em função de doses e modos de aplicação de adubo fosfatado em solo de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26: p.151-156, 2002.

BASTOS, E. A.; FERREIRA, V. M.; SILVA, C. R.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi no Vale do Guruguia, Piauí. **Irriga**, Botucatu, v.13, n.2, p.182-190, 1 CD-ROM, 2008.

BASTOS, E. A.; RODRIGUES, B. H. N.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de.; CARDOSO, M. J. Parâmetros de crescimento do feijão-caupi sob diferentes regimes hídricos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.22, n.1, p. 43-50, 2002.

BEDIN, I.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; FAQUIM, V.; TOKURA, A. M.; SANTOS, J. Z. L. Fertilizantes fosfatados e produção da soja em solos com diferentes capacidades tampão de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27: p. 639-646, 2003.

BENINCASA, M. P. M. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003.

BENVINDO, R. N. **Adubação fosfatada e potássica na nutrição e na produtividade de feijão-caupi, cultivado no município de Bom Jesus-PI**. 2012. 61 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, “Júlio de Mesquita”, Jaboticabal, 2012.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 5. ed. Viçosa: Imprensa Universitária da UFV, p. 137-268, 1989.

BEZERRA, A. A. C.; TÁVORA, F. J. A. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. Morfologia e produção de grãos em linhagens modernas de feijão-caupi submetidas a diferentes densidades populacionais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.8, p. 85-93, 2008.

BRANDELERO, E. M.; PEIXOTO, C. P.; SANTOS, J. M. B.; MORAES, J. C. C.; PEIXOTO, M. F. S. P.; SILVA, V. **Índices fisiológicos e rendimento de cultivares de soja no Recôncavo Baiano**. Magistra. Cruz das Almas v.14, n.2, p.77-88, 2002.

BRS Tumucumaque: **Cultivar de feijão caupi com ampla adaptação e rica em ferro e zinco**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 1 folder. 2009.

BRIGGS, G. E.; KIDD, F. A.; WEST, C. A quantitative analysis of plant growth. Part I. **Annals of Applied Biology**, v. 7, n. 2-3, p. 202-230, 1920.

BÜLL, L. T.; FORLI, F.; TECCHIO, M.A.; CORRÊA, J. C. Relação entre fósforo extraído por resina e resposta da cultura do alho vernalizado à adubação fosfatada em cinco solos com e sem adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p. 459-470, 1998.

CÂMARA, G. M. de S. Ecofisiologia da soja e rendimento. In: CÂMARA, G. M. de S. (Coord.). **Soja Tecnologia da Produção**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, (Departamento de Agricultura)-USP, p. 256-577, 1998.

CAMPOS, M. F.; ONO, O. E.; BOANO, C. S. F.; RODRIGUES, J. D. Análise de crescimento em plantas de soja tratadas com substâncias reguladoras. **Revista Biotemas**, v.21, n.3, p. 55-63, 2008.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. B.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. Densidade de plantas de caupi em regime irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, p. 399-405, 1997.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. B.; Respostas do feijão caupi adubação fosfatada e a densidade de plantas em latossolo vermelho-amarelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 27. 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: SBCS, 1 CD-ROM, 1999.

CARDOSO, M. J. (org). **A cultura do feijão caupi no Meio-norte do Brasil**. Teresina-PI: Embrapa Meio-Norte, 264 p. (Circular Técnico, 28), 2000.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. de B.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; RODRIGUES, B. H. N. Doses de fósforo e densidade de plantas em feijão caupi de portes ramador moita em solos de textura arenosa. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 5. 2001, Teresina. Avanços tecnológicos no feijão caupi: **Anais...** Teresina: Embrapa Meio-Norte, p. 288-290 (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 56), 2001.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. B.; ATHAYDE SOBRINHO, C. Rendimento de grãos de feijão-caupi (cv. BRS Guariba) relacionado a doses de fósforo. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 6., 2006, Teresina. Tecnologias para agronegócio: **Anais...** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 1 CD-ROM. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 121), 2006.

CASTRO, P. R. C.; BERGAMASHI, H.; SILVEIRA, J. A. G.; MARTINS, P. F. S. Desenvolvimento comparado de três cultivares de caupi [*Vigna unguiculata* (L) Walp]. **Anais...** Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, n. 41, p. 555-84. 1984.

CHIEN, S. H.; MENON, R. G. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application. **Fertilizer Research**, v.41, p. 227-234, 1995.

COSTA, J. C. G.; ZIMMERMANN, M. J. O. Melhoramento genético. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds.). **A cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafós. 1988. p. 229-245.

COSTA, M. M. M. N.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINHO, J. L. N.; MELO, F. I. O. Produção, componentes de produção, crescimento e distribuição das raízes de caupi submetida à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 43-50, 1997.

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

DUTRA, L. F.; TAVARES, S. W.; SARTORETTO, L. M.; VAHL, L. C. Resposta do feijoeiro ao fosforo em dois doses de umidade no solo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.1, n. 2, p. 91-96, 1995.

EMBRAPA. (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPACUÁRIA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306 p. 2006.

FAGERIA, N. K. Eficiência de uso de fósforo pelo genótipo de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.2, p.128-131, 1998.

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

FAO. **FAOSTAT**. Crops: cowpeas, dry. Disponível em: <<http://www.faoestat.fao.org/site/567/Desktopfaul.aspx?PgID=567#ancor>>. Acesso em: 04 out. 2012.

FEITOSA, S. S.; SILVA, P. R.; PÁDUA, L. E. M.; CARVALHO, E. M. S.; PAZ, J. K. S.; PAIVA, D. R. Flutuação populacional de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) associadas a variedades de manga no município de José de Freitas-Piauí. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.1, p.112-117, 2008.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, 402 p. 2000.

FONSECA, M. R. **Nutrição mineral e produção do feijão caupi em função do fósforo e da saturação por bases em latossolo amarelo**. 2008. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Belém, 2008.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 122 p. 2001.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M de M.; SILVA, K. J. D.; NOGEIRA, M. S. da ROCHA.; RODRIGUES, E. V. **Feijão Caupi no Brasil**: Produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina: Embrapa Meio-Norte, p. 18-27, 2011.

FREIRE FILHO, F. R. Origem, evolução e domesticação do caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.). In: ARAÚJO, J. P. P. de; WATT, E. E. (Org). **O caupi no Brasil**. Goiânia: EMBRAPA – CNPAI/ Ibadan, IITA, p. 27-42, 1988.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, C. A. A. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. A. (d.). **Feijão-caupi**: avanços tecnológicos. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina Embrapa Meio-Norte, p. 29-92. 2005.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ALCÂNTARA, J. P.; BELARMINC FILHO, J.; ROCHA, M. M. Nova cultivar de feijão-caupi com grão tipo sempre-verde. **Revista Ceres**, v.52, p.771-777, 2006.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; SILVA, S. M. de S.; SITTOLIN, I. M. **BRS Guariba nova cultivar de feijão-caupi para a Região Meio-Norte**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 1 Folder, 2004.

GRANT, C. A.; PLATEN, D. N.; TOMAZIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A Importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 95, 2001.

GOMES, A. A.; ARAÚJO, A. P.; ROSSIELLO, R. O. P.; PIMENTEL, C. Acumulação de biomassa, características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 35, n.10, p. 1927-1937, out, 2000.

GUEDES, G. N.; SOUZA, A. S.; ALVES, L. S. Eficiência agronômica de inoculantes em feijão-caupi no município de Pompal-PB. **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n. 4, p. 82-96, 2010.

HOLFORD, I. C. R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 35, n. 2, p. 227-239, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema IBGE de Recuperação Automática - Sidra**. Banco de dados agregados: produção agrícola municipal. 2012. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em 28 dez. 2012.

LEITE, M. de L; VIRGENS FILHO, J. S. Produção de matéria seca em plantas de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) submetidas a déficits hídricos. **Publicatio UEPG Ciência Agrárias e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**. Ponta Grossa, v.10, n.1, p. 43-51, 2004.

LIMA, M. G. Evapotranspiração da cultura do feijão macáassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6, 1989, Maceió. **Anais...** Maceió: SBA, p. 275-282, 1989.

LIMA, M.G.; SILVA, F.A.M. Evapotranspiração máxima (ET_m) da cultura do feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). In: SEMINÁRIO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO PIAUÍ, 5. Teresina, 1988. **Anais...** Teresina: Embrapa, UEPAE de Teresina, p. 9-20, 1988.

LINHARES, C. F. L.; FERNANDES, A. R.; GUEDES, E. M. S.; NORONHA, N. C.; VIEIRA, A M. F. Limitações nutricionais de três cultivares de caupi, submetidas à omissão de nutrientes, cultivadas em Gleissolo de várzea do Rio Pará. **Revista Ciências Agrárias**. Belém v. 49, p. 101-113, 2008.

MAGALHÃES, A. C. N. **Análise quantitativa do crescimento**. In: FERRI, M. G. Fisiologia Vegetal. São Paulo, EPU, v.1, p. 363-375, 1985.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 251 p. 1980.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 201 p. 1989.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 201 p. 1997.

MELO, F. B.; CARDOSO, M. J. Fertilidade, correção e adubação do solo. In: CARDOSO, M. J. **A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, p. 91-103, 2000.

MENDES, R. M. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.1, p. 95-103, 2007.

MIRANDA, R. S. SUDÉRIO, F. B., SOUSA, A. F.; GOMES FILHO, E. Deficiência nutricional em plântulas de feijão-de-corda decorrente da omissão de macro e micronutrientes. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.3, p. 326-333, 2010.

MIRANDA, L. N. de; AZEVEDO, J. A. de; MIRANDA, J. C. C. de; GOMES A. C. Produtividade do feijoeiro em resposta a adubação fosfatada e regimes de irrigação em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n.4. p. 703-710, abr, 2000.

NOBREGA, J. Q.; RAO, T. V. R.; BELTRAO, N. E. de M.; FIDELES FILHO, J. Análise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.3, p. 437-443, 2001.

NG, N. Q.; MARÉCHAL, R. Cowpea Taxonomy, Origin Germ Plasm. In: SINCH, S. R.; RACHIE, K. O. eds. **Cowpea research, production end utilization**. Cheichecter, Johm Wiley, p. 11-21, 1985.

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

OLIVEIRA, J. P. Método não destrutivo para determinação da área foliar do feijoeiro caupi, *vigna sinensis* (L) savi, cultivado Em casa de vegetação. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v.7, n.12, p. 53-57, 1977.

OLIVEIRA, I.P.; ARAÚJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica do nitrogênio. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Potafós, 1996. 786 p.

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

OLIVEIRA, C. T.; SILVA, J.; SALGADO, F. H. M.; SOUSA, S. A.; FIDELIS, R. R. Eficiência e resposta à aplicação de fósforo em feijão comum em solos de cerrado. **Revista Verde**, Mossoro, v.7, n.1, p. 16-24, jan-mar, 2012.

PADULOSI, S.; NG, N. Q. Origin taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: SINGH, B. B.; MOHAN, R.; DASHIELL, K. E.; JACKAI, L. E. N., (eds.). **Advances in Cowpea Research**. Tsukuba; IITA JIRCAS, p. 1-12, 1997.

PASTORINI, L. H.; BACARIN, M. A.; LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. Crescimento inicial de feijoeiro submetido a diferentes doses de fósforo em solução nutritiva, **Revista Ceres**, v. 47, p. 219-228, 2000.

PEIXOTO, C. P. Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja em três épocas de semeadura e três densidades de plantas. Piracicaba. 1999. 151p. **Tese** (Doutorado) - Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. de F. da S. P. **Dinâmica do crescimento vegetal**. In: CARVALHO, C. A. L. de; DANTAS, A. C. V. L.; PEREIRA, F. A. de C.; SOARES, A. C. F.; MELO FILHO, J. F. de; OLIVEIRA, G. J. C. de. Tópicos em Ciências Agrárias. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, p. 39-53, 2009.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de vegetais**. Campinas: Instituto Agronômico. Campinas, (IAC-Boletim Técnico n. 114), p. 33, 1987.

RAIJ, B. van. **Avaliação da fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 142 p. 1983.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres; Potafós, 343 p. 1991.

REIS, G. G.; MULLER, M. W. **Análise de crescimento de plantas** - mensuração do crescimento. Belém, CPATU, 35 p. 1978.

ROCHA. M. de M. E. **Produção de feijão-caupi no Estado do Piauí no biênio 2009/2011**. Disponível em: [http://www.paginarural.com.br/artigo/2182/produção de feijao-caupi no estado do piauí no bienio 2009/2011](http://www.paginarural.com.br/artigo/2182/produção_de_feijao-caupi_no_estado_do_piauí_no_bienio_2009/2011). Acesso em: 23 dez. 2012.

ROLIM NETO, F. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; COSTA, L. M.; CORRÊA, M. M.; FERNANDES FILHO, E. I & IBRAIMO, M. M. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Paranaíba. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.28, n. 6, p. 953-964, 2004.

SALES, M. G.; RODRIGUES, M. A. C. Consumo, qualidade nutricional e métodos de preparo do caupi. IN: ARAUJO, J. P. P.; WATT, E. E. ed. **O Caupi no Brasil**, Brasília: Embrapa – CNOAF/IITA, p. 694-722, 1988.

SAMPAIO, L. S.; BRASIL, F. C. Exigência nutricional do feijão-caupi. In: CONGRESSO NACIONAL DO FEIJÃO CAUPI, 2., 2009, Belém. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 56-72. 1 CD-ROM.

SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S.; SANTOS, J. W. Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 753-762, 2004.

SILVA, A. J. da. UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; LIMA, A. C. S.; SANTOS, C. S. V. dos. OLIVEIRA, J. M. F. de. MELO, V. F. Respostas do feijão-caupi à doses e formas de aplicação de fósforo em Latossolo Amarelo. **Revista Acta Amazônia**, Manaus, v. 40, n.1, p. 31-36, 2010.

SILVA, A. J. **Aplicação inicial de P_2O_2 no solo, avaliação em três cultivos sucessivos no feijão-caupi**. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2007.

SILVA, F. A. S. **Sistema de Assistência Estatística - ASSISTAT versão 7,5 beta**. Departamento de Engenharia Agrícola (DEAG) do CTRN da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande - PB, 2013. <http://www.assistat.com/>. Acesso em: 18 jun. 2011.

SINGH, B. B. Cowpea breeding at IITA: Highlights of advances impacts. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 6., 2006, Teresina. Tecnologias para o agronegócio: **Anais...** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 1 CD-ROM. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 121), 2006.

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

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 (*cajanuscajan(l) millsp*). **Revista Verde**, Mossoró, v. 4, n. 1, p. 135-140, 2009.

SOUZA, E. C. A.; COUTINHO, E. L. M.; NATALE, W.; BARBOSA, J. C. Resposta do milho à adubação com fósforo e zinco. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 7, p. 1031-1036, 1998.

STEELE, W. M.; MEHRA, K. L. Structure, evolution and adaptation to farming system and inveronment in *Vigna*. In: SUMMERFIELD, D. R.; BUNTING, A. H., (Eds.). **Advances in legume science**. Englad, Royol Botanic Gardens, p. 459-468, 1980.

SUMMERFIELD, R. J.; PATE, J. S.; ROBERTS, E.H.; WIEN, H. C. The physiology cowpea. In: SINGH, S. R.; RACHIE, K. O. (Eds.). **Cowpea research, production and utilization**. Chichester: John Wiley, p.66-101, 1985.

TURNER, N. C. Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants. In: MUSSEL L. H.; STAPLES, R. C. **Stress Physiology in Crop Plants**. New York: John Wiley & Sons, p. 343-372, 1979.

URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijão sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 3, p. 497-506, 2000.

VERDCOURT, B. Studies in the Leguminosae – **Papilionoidea for the flora of tropical East Africa**. IV. Kew Bulletin, v. 24, p. 569-597, 1970.

ZILI, M.; COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A.; SANTOS, J. C. P.; MIQUELLUTI, D. J. Contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de genótipos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v.42,n.2, Fortaleza, 2011.

ZUCARELI, C.; RAMOS JÚNIOR, E. U.; BARREIRO, A. P.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Adubação fosfatada, componente de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v.28, n.01, p. 05-15, 2006.

ZUCARELI, C.; RAMOS JÚNIOR, E. U. ; OLIVEIRA, M.; A.; CARVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Índices biométricos e fisiológicos em feijoeiro sob diferentes doses de adubação fosfatada. **Revista Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, p. 1313-1324, 2010.